

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

**IMPLEMENTASI ALGORITMA GENETIKA UNTUK
OPTIMASI DESAIN TOPOLOGI PADA JARINGAN
WIRELESS**

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada Jurusan Teknik Informatika

Oleh

RINANDA GUSTIAN
11451105060



UIN SUSKA RIAU

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU
PEKANBARU

2020

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSETUJUAN

IMPLEMENTASI ALGORITMA GENETIKA UNTUK OPTIMASI DESAIN TOPOLOGI PADA JARINGAN WIRELESS

TUGAS AKHIR

Oleh

RINANDA GUSTIAN
11451105060

Telah diperiksa dan disetujui sebagai Laporan Tugas Akhir
di Pekanbaru, pada tanggal 18 Desember 2020 M / 10 Jumadil Awal 1432 H

Pembimbing I,

Iwan Iskandar, ST, MT
NIP. 19821216 201503 1 003

Pembimbing II,

Fitri Insani, ST, M.Kom
NIK. 130 510 024

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN

IMPLEMENTASI ALGORITMA GENETIKA UNTUK OPTIMASI DESAIN TOPOLOGI PADA JARINGAN WIRELESS

TUGAS AKHIR

Oleh

Rinanda Gustian

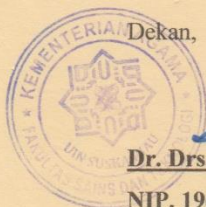
11451105060

Telah dipertahankan di depan sidang dewan penguji
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 18 Desember 2020

Pekanbaru, 18 Desember 2020

Mengesahkan,

Ketua Jurusan,



Dekan,

Dr. Drs. Ahmad Darmawi, M.Ag.

NIP. 19660604 199203 1 004

DEWAN PENGUJI

Ketua : Muhammad Fikry, ST, M.Sc.

Pembimbing I : Iwan Iskandar, M.T.

Pembimbing II : Fitri Insani, S.T, M.Kom

Penguji I : Iis Afrianty, S.T, M.Sc, CIBIA

Penguji II : Fadhilah Syafria, S.T, M.Kom, CIBIA

Dr. Elin Haerani, S.T., M.Kom.

NIP. 19810523 200710 2 003



LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau adalah terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan izin penulis dan harus disertai dengan kebiasaan ilmiah untuk menyebutkan sumbernya.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus memperoleh izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir ini untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman dan tanggal pinjam.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu Perguruan Tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan didalam daftar pustaka.

Pekanbaru, 18 Desember 2020

Yang membuat pernyataan,

RINANDA GUSTIAN

11451105060

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PERSEMBAHAN



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

IMPLEMENTASI ALGORITMA GENETIKA UNTUK OPTIMASI DESAIN TOPOLOGI PADA JARINGAN WIRELESS

RINANDA GUSTIAN
11451105060

Tanggal Sidang: 18 Desember 2020

Periode Wisuda: November 2021

Jurusan Teknik Informatika
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

ABSTRAK

Perkembangan teknologi *mobile* dan internet saat ini mengalami peningkatan setiap tahun. Salah satu teknologi yang digunakan untuk mendukung hal tersebut adalah *wireless fidelity*. Namun terdapat beberapa kelemahan pada jaringan *wireless* diantaranya adalah akses yang lambat. Hal ini dipengaruhi oleh skema routing dan pemilihan desain topologi yang digunakan. Dengan topologi yang baik maka performa jaringan akan meningkat. Untuk mengatasi masalah tersebut pada penelitian ini menggunakan algoritma genetika dengan menggunakan parameter delay dari 10 node jaringan dengan topologi *mesh*. Inisialisasi populasi dilakukan berdasarkan *routing table* dengan membentuk *multi ring topology* yang terdiri dari 4 *subring*, *crossover* dilakukan dengan menggunakan *swaping ring* dengan probabilitas 0,7 dan mutasi dilakukan dengan menggunakan 3 jenis mutasi yaitu *ring merging*, *ring splitting*, dan *ring resizing* dengan probabilitas masing-masing sebesar 0,3; 0,3; dan 0,1. Setelah dilakukan perhitungan menggunakan algoritma genetika, maka diperoleh populasi terbaik yang digunakan sebagai acuan dalam membangun desain topologi baru. Desain topologi dibangun menggunakan aplikasi *Network Simulator 2 (NS2)*. Pengujian dilakukan dengan membandingkan nilai delay pada topologi awal dengan topologi hasil optimasi dan diperoleh perbaikan nilai *delay* yang cukup signifikan sebesar 77,50% dan jumlah paket yang dikirim dalam satu kali komunikasi berkurang sebesar 80,50%. Optimasi desain topologi jaringan *wireless* dapat menggunakan algoritma genetika.

Kata Kunci: Algoritma Genetika, Jaringan, *Network Simulator 2*, Topologi, *Wireless*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

IMPLEMENTATION OF GENETIC ALGORITHMS FOR TOPOLOGY DESIGN OPTIMIZATION IN WIRELESS NETWORKS

RINANDA GUSTIAN
11451105060

Date of Final Exam: 18 Desember 2020

Graduation Ceremony Period: Februari 2021

Informatics Engineering Departement

Faculty of Science and Technology

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

ABSTRACT

The development of mobile and internet technology is currently increasing every year. One of the technologies used to support this is wireless fidelity. But there are some weaknesses in wireless networks including slow access. This is influenced by the routing scheme and topology design selection used. With a good topology, network performance will improve. To solve the problem in this study using genetic algorithms using delay parameters from 10 network nodes with mesh topology. Population initialization is done based on routing table by forming multi ring topology consisting of 4 subrings, crossover is done by using swap ring with probability of 0.7 and mutation is done by using 3 types of mutations namely ring merging, ring splitting, and ring resizing with a probability of 0,3; 0,3; and 0.1. After the calculation using genetic algorithms, it obtained the best population used as a reference in building a new topology design. The topology design is used using Network Simulator 2 (NS2) application. The test was conducted by comparing the delay value in the initial topology with the optimization result topology and obtained a significant delay value improvement of 77.50% and the number of packages sent in one communication decreased by 88.50%. Optimization of wireless network topology design can use genetic algorithms.

Keywords : *Genetic Algorithm, Networking, Network Simulator 2, Topology, Wireless*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalaamu 'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh.

Ahamdulillahirabbil'alamin, segala puji hanya bagi Allah *subhana wa ta'ala*, karena berkah limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis mampu menyelesaikan Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Implementasi Algoritma Genetika Untuk Optimasi Desain Topologi Pada Jaringan Wireless”**. Tidak lupa juga shalawat beriring salam kepada baginda Muhammad *shallallahu 'alahi wasallam*, dengan mengucapkan *Allahumma Sholli 'ala sayyidina Muhammad wa 'ala ali sayyidina Muhammad*.

Laporan Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata satu pada Program Studi Teknik Informatika Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Terima kasih sebesar-besarnya penulis persembahkan kepada kedua orang tua penulis Ayahanda Suherman dan Ibunda Asnimar yang telah membesarkan dan memberikan banyak sekali dukungan baik berupa materi maupun motivasi kepada penulis. Selain itu keberhasilan laporan ini juga tidak lepas dari dukungan berbagai pihak, untuk itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Suyitno, M.Ag, selaku PLT Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
2. Bapak Dr. Drs. Ahmad Darmawi, M.Ag, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Ibu Dr. Elin Haerani, ST, M.Kom, selaku Ketua Jurusan Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau serta selaku Kepala Jurusan Teknik Informatika yang telah memberikan arahan, kritik dan saran kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Bapak Benny Sukma Negara ST, MT, selaku penasihat akademik yang telah memberikan kritik dan saran selama proses perkuliahan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

5. Bapak Iwan Iskandar, ST, MT, selaku pembimbing I tugas akhir yang selalu memberikan bimbingan, arahan, motivasi, serta kritik dan saran yang sangat membangun dalam penyusunan tugas akhir ini.
6. Ibu Fitri Insani, ST, M.Kom, selaku pembimbing II tugas akhir yang selalu memberikan bimbingan, arahan, motivasi, serta kritik dan saran yang sangat membangun dalam penyusunan tugas akhir ini.
7. Ibu Iis Afrianty, ST, M.Sc, CIBIA selaku penguji I yang telah memberikan arahan, kritik dan saran kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
8. Ibu Fadhila Syafria, ST, M.Kom, CIBIA selaku penguji II yang telah memberikan arahan, kritik dan saran kepada penulis dalam penyusunan tugas akhir ini.
9. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Informatika Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau yang telah memberikan ilmu kepada penulis selama perkuliahan.
10. Semua kawan-kawan anak cucuk adam (TIF C 14) yang selalu membantu semangat dan juga arahan
11. Sahabat penulis.
12. Semua pihak yang terlibat baik langsung maupun tidak langsung dalam pelaksanaan dan penyelesaian kerja praktek ini.

Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca. Penulis berharap adanya kritik dan saran dari pembaca terhadap laporan tugas akhir ini yang dapat disampaikan ke alamat email penulis: **rinanda.gustian@students.uin-suska.ac.id**. Akhir kata penulis ucapkan terima kasih dan selamat membaca.

Wassalamu'alaikum wa rahmatullahi wa barakatuh

Pekanbaru, 18 Desember 2020

Penulis



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR RUMUS	xv
DAFTAR ISTILAH	xvi
DAFTAR SIMBOL.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN.....	I-1
1.1 Latar Belakang.....	I-1
1.2 Rumusan Masalah	I-4
1.3 Batasan Masalah.....	I-4
1.4 Tujuan Penelitian.....	I-4
1.5 Sistematika Penulisan.....	I-4
BAB II LANDASAN TEORI.....	II-1
2.1 Jaringan Komputer	II-1
2.1.1 Klasifikasi Jaringan Komputer	II-1
2.1.2 Topologi Jaringan	II-3
2.2 Jaringan <i>Wireless</i>	II-6
2.2.1 Spesifikasi Standard.....	II-6



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.3	<i>Routing</i>	II-7
2.3.1	<i>Routing</i> pada Jaringan <i>Wireless</i>	II-8
2.4	<i>Network Simulator 2 (NS2)</i>	II-9
2.5	<i>Delay</i>	II-9
2.6	Algoritma Genetika	II-10
2.6.1	Proses Algoritma Genetika.....	II-11
2.7	Penelitian Terdahulu.....	II-18
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		III-1
3.1	Identifikasi Masalah	III-2
3.2	Studi Pustaka	III-3
3.3	Penetapan Desain dan Parameter.....	III-3
3.4	Analisa dan Perancangan.....	III-3
3.4.1	Analisa	III-3
3.5.	Implementasi dan Pengujian.....	III-8
3.5.1	Implementasi.....	III-8
3.5.2	Pengujian	III-8
3.6.	Kesimpulan dan Saran.....	III-9
BAB IV ANALISA DAN PERANCANGAN.....		IV-1
4.1	Analisis Data.....	IV-1
4.2	Analisis Metode Algoritma Genetika	IV-3
4.2.1	Tahapan Algoritma Genetika.....	IV-3
BAB V IMPLEMENTASI DAN PENGUJIAN		V-1
5.1.	Implementasi	V-1
5.1.1.	Rancangan Awal Topologi	V-2
5.1.2.	Tampilan File TCL	V-2
5.1.3.	Proses <i>Compile File</i> TCL	V-3
		I-xi



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

5.1.4. Delay Awal Jaringan.....	V-4
5.1.5. Pembangkitan Populasi Awal	V-4
5.1.6. Kromosom Terbaik Populasi Awal	V-6
5.1.7. Populasi Setelah Optimasi	V-7
5.1.8. Kromosom Terbaik Hasil Optimasi.....	V-8
5.1.9. Rancangan Topologi Optimal.....	V-9
5.1.10. TCL Topologi Optimal	V-9
5.1.11. Proses Compile File TCL Topologi Optimal	V-10
5.1.12. Delay Jaringan Setelah di Optimasi.....	V-10
5.2. Pengujian	V-11
BAB VI Kesimpulan dan saran.....	VI-1
6.1. Kesimpulan.....	VI-1
6.2. Saran.....	VI-1
DAFTAR PUSTAKA	xiii

UIN SUSKA RIAU

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Topologi bus (Sofana 2013)	II-4
2.2 Topologi ring (Sofana 2013)	II-4
2.3 Topologi star (Sofana 2013).....	II-5
2.4 Topologi tree (Sofana 2013).....	II-5
2.5 Topologi mesh (Sofana 2013).....	II-6
2.6 Proses Algoritma genetika.....	II-11
2.7 Prosedur Crossover (Won, Malisia, dan Karray 2010).....	II-16
2.8 Proses mutasi algoritma genetika (Won, Malisia, dan Karray 2010)	II-18
3.1 Metodologi penelitian	III-2
3.2 Flowchart Algoritma Genetika.....	III-5
3.3 Inisialisasi populasi.....	III-6
4.1 Desain Topologi.....	IV-2
4.2 Desain Topologi Setelah Optimasi Perhitungan Manual	IV-36
5.1 Rancangan Awal Topologi	V-2
5.2 Tampilan File TCL	V-3
5.3 Proses Compile File TCL	V-3
5.4 Delay Awal Jaringan.....	V-4
5.5 Pembangkitan Populasi Awal	V-5
5.6 Kromosom Terbaik Populasi Awal	V-6
5.7 Populasi Setelah Optimasi	V-7
5.8 Kromosom Terbaik Hasil Optimasi.....	V-8
5.9 Rancangan Topologi Optimal.....	V-9
5.10 TCL Topologi Optimal	V-10
5.11 Proses Compile File TCL Topologi Optimal	V-10
5.12 Delay Jaringan Setelah Optimasi.....	V-11

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2.1 Standar WLAN IEEE 802.11 (Priyambodo dan Heriadi 2005a).....	II-6
2.4 Penelitian Terdahulu.....	II-19
3.1 Kebutuhan perangkat keras.....	III-8
3.2 Kebutuhan perangkat lunak	III-8
4.1 Tabel Inisialisasi	IV-2
4.2 Data Delay	IV-3
4.3 Pembangkitan Populasi.....	IV-4
4.4 Kalkulasi Nilai <i>Fitness</i>	IV-5
4.5 Perbaikan Populasi.....	IV-7
4.6 Evaluasi.....	IV-8
4.7 Seleksi	IV-9
4.8 Pembangkitan Pc 0,7 Pada Kromosom.....	IV-10
4.9 Penentuan Kromosom Terpilih.....	IV-11
4.10 <i>Parent 1, Parent 2</i>	IV-12
4.11 Proses Crossover.....	IV-13
4.12 Pemilihan Kromosom Mutasi.....	IV-15
4.13 Ring Merging.....	IV-15
4.14 Pemilihan Kromosom Yang Akan di <i>Splitting</i>	IV-18
4.15 Ring Splitting.....	IV-20
4.16 Pemilihan Kromosom Yang Akan di <i>Resizing</i>	IV-22
4.17 Ring Resizing.....	IV-25
4.18 Kalkulasi Nilai <i>Fitness</i> Setelah Mutasi.....	IV-28
4.19 Perbaikan Kromosom Setelah Mutasi	IV-31
4.20 Regenerasi.....	IV-34
5.1 Hasil Pengujian Delay	V-11

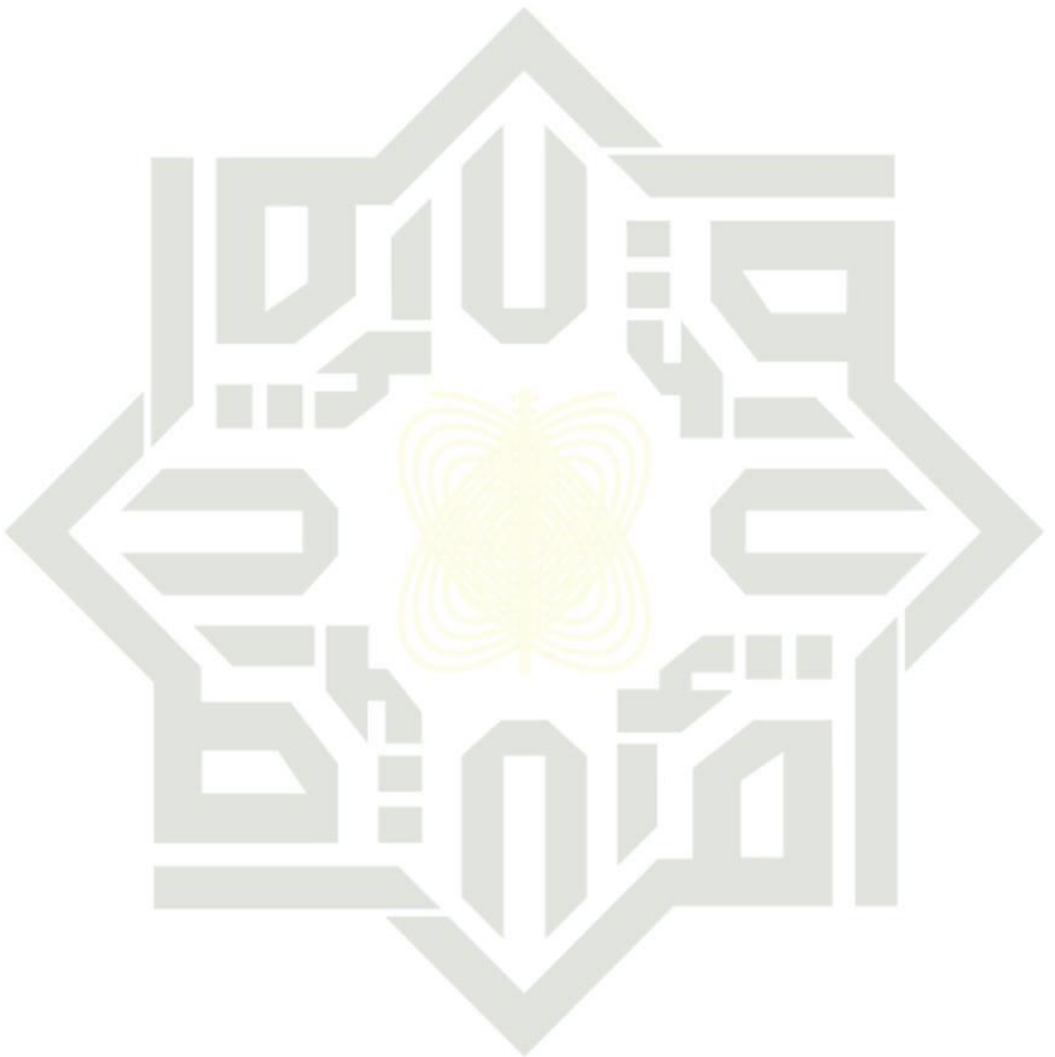


Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR RUMUS

Rumus	Halaman
1) Fitness	II-13
2) Evaluasi	II-15
3) Seleksi	II-15



UIN SUSKA RIAU



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR ISTILAH

- = *Probabilty Ring Merging.*
- = *Probabilty Ring Splitting.*
- = *Probabilty Ring Resizing.*



UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

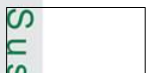
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

DAFTAR SIMBOL

Keterangan notasi simbol *flowchart* :



Terminator : Simbol terminator (mulai / selesai) merupakan tanda bahwa sistem akan dijalankan atau berakhir.



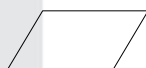
Proses : Simbol yang digunakan untuk melakukan pemrosesan data baik oleh user maupun komputer (sistem).



Verifikasi : Simbol yang digunakan untuk memutuskan apakah valid atau tidak validnya suatu kejadian.



Data Store : Simbol yang digunakan untuk mewakili suatu penyimpanan data (database).



Data : Simbol yang digunakan untuk mendeskripsikan data yang digunakan



Laporan : Simbol yang digunakan untuk menggambarkan laporan.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan teknologi *mobile device* dan kebutuhan masyarakat akan akses internet mengalami perkembangan yang terus meningkat setiap tahun. Dampak dari peningkatan tersebut tentu akan mempengaruhi peningkatan tingkat infrastruktur jaringan pada hampir semua fasilitas publik bahkan hingga *cafe* dan restoran. Salah satu infrastruktur jaringan yang saat ini banyak digunakan oleh masyarakat adalah *wifi*, hal ini dapat dilihat dengan semakin mudahnya ditemukan teknologi *wifi* di hampir semua area publik (Priyambodo and Heriadi 2005a).

Wireless Fidelity (wifi) merupakan salah satu standar teknologi jaringan *wireless* yang dikeluarkan oleh *Institute of Electrical and Electronic Engineers (IEEE)*. Penggunaan teknologi *wifi* memiliki kelebihan implementasi yang mudah pada lingkungan kerja, hal ini dikarenakan jaringan *wifi* yang fleksibel dan tidak membutuhkan media kabel sebagai penghubung antar *device*.

Selain memiliki kelebihan pada implementasi jaringan yang mudah dan fleksibel, jaringan *wifi* juga memiliki kelemahan diantaranya *delay* yang sangat besar. *Delay* yang besar akan berpengaruh terhadap performa jaringan seperti lambannya konektifitas jaringan hingga terjadinya *packet loss*. Menurut data Nielsen 27% konsumen enggan melakukan *online streaming video* dikarenakan lambannya akses internet (Lubis 2017). Parameter yang sangat penting untuk melakukan evaluasi terhadap performa pada sebuah jaringan Mobile ad-hoc adalah dengan menggunakan parameter *delay* (Nikam 2016).

Performa jaringan *wifi* sangat dipengaruhi oleh skema *routing* dan pemilihan *channel* pada jaringan (Pries, Staehle, Staehle, and Tran-gia 2010). Persoalan yang sangat penting dan memberikan dampak yang sangat signifikan terhadap peningkatan performa jaringan komputer adalah *routing* (Mohammed 2012). Dengan skema *routing* yang baik akan mampu meningkatkan *Quality of Service* dari suatu jaringan.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Skema *routing* atau *routing protocol* pada suatu jaringan adalah suatu cara dalam menentukan rute terbaik dari *link* yang akan dilalui untuk proses pengiriman paket data diantara *node* sumber hingga *node* tujuan (Mulyanta 2005). Skema *routing* dapat dibagi menjadi beberapa klasifikasi diantaranya adalah *topologi based routing* yang menggunakan tabel *routing* untuk menyimpan informasi *link* yang digunakan sebagai dasar untuk meneruskan paket dari *node* sumbe ke *node* tujuan (Munadi and Mayasari 2018).

Pemilihan topologi jaringan sangat mempengaruhi kinerja jaringan. Dengan menggunakan topologi yang tepat, pertukaran data pada jaringan akan baik. Terdapat beberapa jenis topologi yang dapat digunakan pada jaringan diantaranya adalah topologi *ring*. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Chih-Min Yu dan Ting-Wei Hsu, penggunaan topologi *multi-ring* mampu menghasilkan performa jaringan yang luar biasa pada jaringan *Bluetooth Low Energy* (Yu and Hsu 2017).

Untuk mengatasi permasalahan yang telah diuraikan sebelumnya terdapat beberapa solusi yang dapat diterapkan, diantaranya dengan memperbaiki desain topologi pada jaringan dengan menerapkan algoritma optimasi. Salah satu algoritma optimasi yang umum digunakan untuk melakukan optimasi adalah algoritma genetika. Algoritma genetika adalah algoritma yang dikembangkan berdasarkan Teori Evolusi Darwin. Pada algoritma genetika setiap individu atau populasi akan dibangkitkan secara acak, kemudian individu tersebut akan melakukan proses reproduksi untuk menghasilkan individu baru, proses ini akan terus berulang hingga tercapai pada suatu generasi yang ditentukan, kromosom dengan tingkat kebugaran yang tinggi akan digunakan sebagai solusi terbaik (Zukhri 2014).

Terdapat beberapa penelitian sejenis yang terkait dengan penelitian ini, dijelaskan bahwa penggunaan algoritma genetika terbukti mampu untuk menyelesaikan optimasi jaringan *wireless* yang kompleks dengan waktu komputasi yang relatif singkat (Pries, Staehle, Staehle, and Tran-gia 2010). Sedangkan pada penelitian yang lain parameter yang digunakan adalah *throughput* dan model *crossover* yang dipilih menggunakan model *2-Point Crossover*, *Cell Crossover*, dan



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Subtree Crossover. Tujuan utama dari penelitian tersebut adalah untuk memberikan distribusi sumber daya yang adil pada setiap *user* pada jaringan. Dengan menggunakan algoritma genetika dapat meningkatkan optimasi pada skema *routing* dan alokasi *channel* jaringan *wireless* sebesar 10-20% dibandingkan dengan menggunakan algoritma *greedy* (Pries, Staehle, Staehle, and Wendel 2010).

Pada penelitian sejenis yang lain, hasil perhitungan dengan menggunakan algoritma genetika tradisional memiliki keterbatasan dibandingkan dengan HGA, yang memiliki kemampuan untuk menangani permasalahan RNDP (*Reliable Network Desain Problem*) secara lebih efisien. Metode representasi dengan menggunakan permasalahan yang spesifik MRE (*Multi Ring Encoding*) mempunyai peranan penting dalam menghasilkan solusi terbaik dengan waktu komputasi yang minimal (Won, Malisia, and Karray 2010).

Sedangkan pada penelitian yang lain disebutkan penerapan desain *multi ring topology* mampu memberikan performa yang superior pada jaringan *bluetooth low energy* dengan menerapkan 2 tahap algoritma, yaitu tahap pertama dengan melakukan pemilihan *leader root* dan konfigurasi *multi-ring* yang optimal berdasarkan algoritma *min-path*. Pada tahap kedua setiap *root* dari *subnet multi-ring* dan dibangun sesuai dengan pola subnet yang berbentuk pohon pada area yang tersebar (Yu and Hsu 2017).

Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah pada pemilihan jenis jaringan yang digunakan. Jenis jaringan yang digunakan pada penelitian ini adalah jenis jaringan *wireless (Wi-Fi)*. Parameter input yang digunakan adalah *delay* dan *routing table* dengan menggunakan skema *multi ring topology*. Lalu dari data *delay* dan *rotting table* yang telah didapatkan sebelumnya akan dilakukan proses algoritma genetika yaitu inisialisasi populasi, seleksi, crossover, dan mutasi untuk memperoleh solusi yang diinginkan. Hasil akhir yang diharapkan berupa desain topologi pada jaringan *wireless* dengan menggunakan skema *multi ring topology* sehingga mampu meningkatkan performa pada jaringan *wireless*.

Penelitian ini akan menggunakan *tools* simulator untuk membantu melakukan simulasi jaringan. Hasil simulasi lebih mudah untuk dianalisis dibandingkan hasil eksperimen langsung karena informasi penting seperti *critical*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

points dapat lebih mudah dicatat untuk membantu penelitian diagnosa protokol jaringan (Sarkar, Basavaraju, and Puttamadappa 2007). Berdasarkan hasil survei dari 8370 *papers* yang telah di publikasi pada IEEE *journal* dan konferensi terkait menunjukkan mayoritas penelitian jaringan menggunakan NS2 untuk melakukan simulasi (Mohapatra and Kanungo 2012). Aplikasi yang akan digunakan untuk mendukung penelitian ini menggunakan aplikasi NS2 simulator versi 2.35.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana mengimplementasikan algoritma genetika untuk optimasi desain topologi pada jaringan *wireless* menggunakan topologi *multi ring*.

1.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perancangan jaringan menggunakan aplikasi NS2 *simulator* dengan jenis topologi jaringan adalah topologi mesh.
2. Perancangan jaringan tidak membahas tentang interferensi yang diakibatkan oleh penghalang seperti dinding, pohon dan lain sebagainya.
3. Parameter yang digunakan pada penelitian ini menggunakan parameter *delay*.
4. Perhitungan algoritma genetika menggunakan aplikasi *matlab*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mengimplementasikan algoritma genetika untuk optimasi desain topologi pada jaringan *wireless* menggunakan topologi *multi ring*.

1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan pada penulisan laporan tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

BAB I Pendahuluan



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Bab ini merupakan bagian yang akan menguraikan hal-hal seperti latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

BAB II Landasan Teori

Bab ini berisi tentang teori-teori yang terkait dengan pengelitan seperti jaringan komputer, jaringan *wireless* dan metode algoritma genetika yang akan digunakan dalam melakukan perhitungan optimasi.

BAB III Metodologi Penelitian

Bab ini berisi tentang tahapan-tahapan atau hal-hal yang akan dilakukan dalam menyelesaikan kasus pada tugas akhir ini.

BAB IV Analisa dan Perancangan

Bab ini berisi tentan analisa dan perancangan dari permasalahan yang terdapat pada suatu kasus serta perancangan sistem yang nantinya akan menjadi pertimbangan untuk hasil akhir penelitian ini

BAB V Implementasi dan Pengujian

Bab ini berisi tentang langkah-langkah perhitungan optimasi desain topologi pada jaringan *wireless* dan pengujian dari hasil perancangan yang telah dibangun sebelumnya.

BAB VI Penutup

Bab ini berisi penarikan kesimpulan dan saran mengenai hasil analisa, perancangan, hasil implementasi dan hasil pengujian yang telah dilakukan terhadap hasil optimasi yang telah dilakukan

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Jaringan Komputer

Jaringan komputer adalah gabungan dari beberapa perangkat komputer dan perangkat jaringan seperti *router*, *access point*, *switch* dan lain sebagainya yang saling berkomunikasi antara satu dengan lainnya menggunakan media transmisi berupa kabel (*wire*) atau tanpa kabel (*wireless*) (Sofana 2013). Dengan menggunakan jaringan komputer memungkinkan pengguna komputer untuk dapat saling bertukar informasi satu sama lain, selain pertukaran informasi jaringan komputer dapat digunakan untuk saling berbagi sumber daya seperti sumber daya penyimpanan, *printer* dan lain sebagainya.

2.1.1 Klasifikasi Jaringan Komputer

Jaringan komputer dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori (Sofana 2013), diantaranya :

1. Berdasarkan skala jaringan atau area cakupan jaringan
2. Berdasarkan media transmisi
3. Berdasarkan pola operasi

Berikut merupakan penjelasan dari masing-masing klasifikasi jaringan diatas:

1. Klasifikasi jaringan komputer berdasarkan area atau skala dibagi menjadi 4 yaitu, LAN, MAN, WAN dan Internet
 - a. LAN (*Local Area Network*)

LAN (*Local Area Network*) adalah jaringan lokal yang hanya diperuntukkan untuk area terbatas seperti pada suatu ruangan atau gedung.
 - b. MAN (*Metropolitan Area Network*)

MAN (*Metropolitan Area Network*) adalah pengembangan dari jaringan LAN dengan cakupan wilayah jangkauan yang lebih luas. Cakupan dari MAN dapat berupa satu RW, beberapa kantor yang

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

berada saling berdekatan, satu atau beberapa desa, satu atau beberapa kota.

c. WAN (*Wide Area Network*)

WAN (*Wide Area Network*) memiliki wilayah cakupan jaringan yang lebih luas dibandingkan MAN. Wilayah cakupan jaringan MAN dapat meliputi satu kawasan negara, satu pulau, bahkan dapat meliputi satu dunia.

d. Internet

Internet merupakan interkoneksi antar jaringan komputer dengan skala yang luas yang dihubungkan dengan menggunakan protokol khusus.

2. Berdasarkan media transmisi

Media transmisi jaringan komputer dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu *wire network* atau jaringan kabel dan *wireless network* atau jaringan tanpa kabel. Berikut penjelasan rinci mengenai jenis jaringan berdasarkan media transmisinya:

a. *Wire Network*

Wire network merupakan jaringan komputer dalam pertukaran datanya memanfaatkan kabel sebagai transmisi pertukaran data. Kabel yang dapat digunakan pada jaringan *wire network* seperti kabel tembaga maupun fiber optik.

b. *Wireless Network*

Wireless network merupakan jaringan komputer yang tidak membutuhkan media transmisi berupa kabel, media penghantar pada *wireless network* dapat berupa gelombang radio, cahaya infra merah maupun laser

3. Berdasarkan Pola Operasi

Pola operasi jaringan komputer dapat dikategorikan menjadi dua jenis yaitu:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- a. *Client Server*

Client server merupakan jaringan komputer yang mewajibkan salah satu atau lebih komputer untuk difungsikan sebagai *server*. *Server* bertugas dalam memberikan layanan kepada *client* seperti akses *web*, *e-mail*, *file* dan lain sebagainya.

- b. *Peer to Peer*

Peer to peer merupakan jaringan komputer dimana antara satu komputer dengan komputer yang lain pada jaringan memiliki kedudukan yang sama. Pada jaringan ini tidak ada komputer yang memiliki peran lebih dominan, masing-masing komputer dapat memberikan dan menerima akses dari komputer lain.

2.1.2 Topologi Jaringan

Topologi jaringan dapat disebut sebagai desain arsitektur dari suatu jaringan komputer. Topologi digunakan untuk menentukan aturan atau *rules* bagaimana cara antara satu komputer dengan komputer lainnya dapat terhubung secara fisik. Topologi jaringan dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu topologi logika dan topologi fisik. Topologi fisik merupakan *layout* atau bentuk fisik dari arsitektur jaringan sedangkan yang dimaksud dengan topologi logika adalah bagaimana suatu data dapat mengalir di dalam topologi fisik tersebut (Sofana 2013).

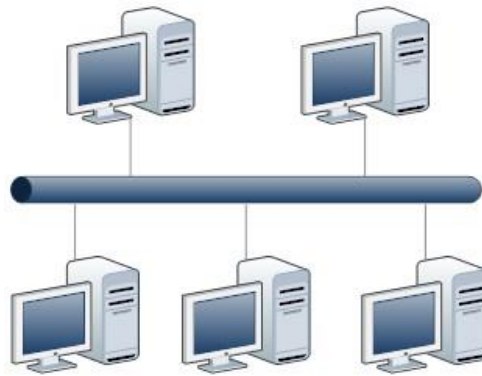
Topologi fisik jaringan dapat dibagi menjadi lima jenis, yaitu topologi *bus*, *ring*, *star*, *tree*, dan *mesh*, berikut merupakan penjelasan dari masing-masing topologi fisik jaringan.

1. Topologi *Bus*

Topologi *bus* adalah topologi yang memanfaatkan satu kabel *backbone* (kabel utama) sebagai media penghubung semua perangkat jaringan. Jaringan dengan menggunakan topologi *bus* rawan terjadinya *collision* atau tabrakan data dikarenakan *node-node* jaringan hanya mengalir pada satu kabel utama (*backbone*).

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

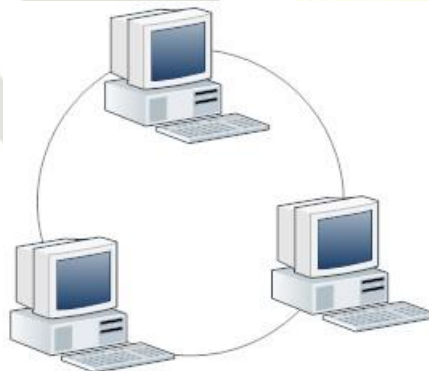
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.1 Topologi bus (Sofana 2013)

2. Topologi *Ring*

Topologi *ring* adalah topologi jaringan dimana kabel utama (*backbone*) yang digunakan saling terhubung kedua ujungnya sehingga membentuk cincin. Setiap komputer akan terhubung pada kabel utama dimana ujung kebel pada komputer terakhir akan dihubungkan kembali dengan komputer pertama.



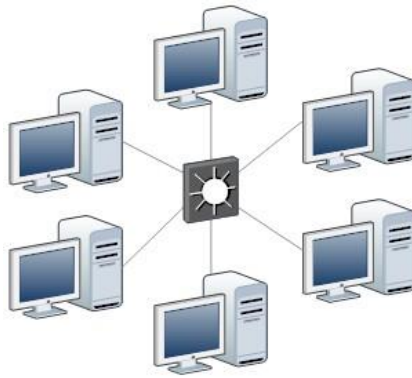
Gambar 2.2 Topologi *ring* (Sofana 2013)

3. Topologi *Star*

Topologi *star* adalah topologi yang menggunakan *hub* atau *switch* sebagai titik sentral jaringan. Setiap komputer akan terhubung langsung pada *hub* atau *switch* dengan menggunakan kabel UTP atau STP, *hub* atau *switch* selanjutnya akan mengirimkan *node* dari komputer asal hingga sampai ke komputer tujuan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

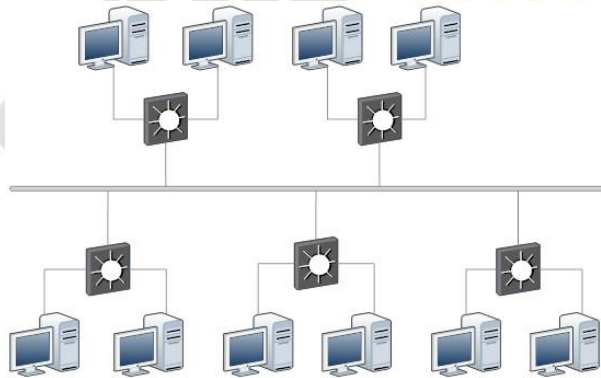
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.3 Topologi *star* (Sofana 2013)

4. Topologi *Tree*

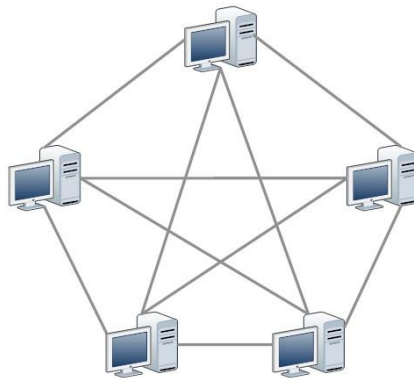
Topologi *tree* atau dapat disebut juga sebagai topologi *star-bus* adalah gabungan dari beberapa jaringan dengan topologi *star* yang dihubungkan satu dengan lainnya menggunakan topologi *bus*.



Gambar 2.4 Topologi *tree* (Sofana 2013)

5. Topologi *Mesh*

Topologi *mesh* merupakan topologi yang menghubungkan satu komputer dengan komputer lainnya menggunakan *point to point* atau satu-satu ke masing-masing komputer pada jaringan. Masing-masing komputer akan terhubung dengan menggunakan kabel seperti, kabel *coaxial*, *twisted pair*, atau serat optik.



Gambar 2.5 Topologi *mesh* (Sofana 2013)

2.2 Jaringan Wireless

Wireless LAN (WLAN) merupakan salah satu bagian dari jaringan LAN yang memanfaatkan gelombang radio sebagai media transmisi untuk pertukaran data (Sofana 2013). Data yang dikirim dari satu komputer ke komputer lain akan mengalir melalui gelombang radio yang dipancarkan oleh perangkat WLAN. Dengan menggunakan WLAN pertukaran data akan lebih fleksibel karena dalam implementasinya tidak memerlukan kabel penghubung antara satu sama lain.

2.2.1 Spesifikasi Standard

Jaringan *wireless* lan yang umum digunakan oleh pengguna jaringan komputer adalah Wi-Fi atau *Wireless Fidelity*. Wi-Fi merupakan standar teknologi *wireless* lan yang dikeluarkan oleh *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE) (Priyambodo and Heriadi 2005b).

Berikut merupakan standar WLAN IEEE 802.11:

Tabel 2.1 Standar WLAN IEEE 802.11 (Priyambodo and Heriadi 2005a)

	802.11a	802.11b	802.11g
Kompabilitas	IEEE 802.11a	IEEE 802b	IEEE 802b dan 802.11g
Jumlah channel	4 atau 8 <i>Non overlapping</i>	3 <i>non overlapping</i>	3 <i>non overlapping</i>
Jangkauan dalam ruangan (indoor range)	40 ft (12 m) @ 54 Mbps	100 ft (30 m) @ 11 Mbps	100 ft (30 m) @ 54 Mbps
	300 ft (91 m) @ 6 Mbps	300 ft (91 m) @ 1 Mbps	300 ft (91 m) @ 1 Mbps
Jangkauan luar ruangan (outdoor)	100 ft (30 m) @ 54 Mbps	400 ft (30 m) @ 11 Mbps	400 ft (30 m) @ 11 Mbps

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

	802.11a	802.11b	802.11g
range - garis lurus)	1000 ft (305 m) @6 Mbps	1500 ft (460 m) @1 Mbps	1500 ft (460 m) @1 Mbps
Kecepatan transfer data	54, 48, 36, 24, 18, 12, 8, dan 6 Mbps	11, 5.5, 2 dan 1 Mbps	54, 48, 36, 24, 18, 12, 9, dan 6 Mbps
Teknik Modulasi	<i>Orthogonal frequency Division Multiplexing</i> (OFDM), 5 GHz	<i>Direct Sequence Spread</i> (DSSS) menggunakan <i>Complementary Code Keying</i> (CCK), 2.4 GHz	<i>Orthogonal frequency Division Multiplexing</i> (OFDM), 2.4 GHz

2.3 Routing

Routing merupakan proses perpindahan data pada jaringan yang melalui beberapa segmen jaringan dengan menggunakan perangkat *router* (Mulyanta 2005). *Router* akan menentukan jalur data yang tepat sesuai dengan arah tujuan pengiriman data. *Router* memperoleh informasi terkait jalur data yang akan digunakan untuk mendistribusikan data berdasarkan pada *routing table* yang terdapat pada *routing*. Penentuan *routing table* dapat didefinisikan secara statis atau dinamis, *routing* statis dilakukan oleh administrator jaringan dengan mendaftarkan *network* dan jalur yang akan dilakukan dari masing-masing *router* secara manual, sedangkan *routing* dinamis menggunakan suatu protokol yang digunakan oleh *router* untuk saling berkomunikasi dan mencari jaringan yang tersambung dengannya secara otomatis.

Terdapat beberapa hal yang mempengaruhi performa *routing* (Mulyanta 2005), yaitu:

1. Panjang jalur

Panjang dari jalur adalah jumlah nilai yang diasosiasikan pada setiap *link* yang dilalui.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Reliabilitas

Reliabilitas adalah ketergantungan antar *link* yang terdapat pada suatu jaringan.

3. Jeda (*delay*)

Jeda merupakan besaran waktu yang dibutuhkan untuk mengirimkan paket data dari sumber hingga sampai pada tujuannya pada suatu jaringan. Jeda ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti *bandwidth*, antrian *port*, kepadatan jaringan, dan jarak fisik antar jaringan.

4. *Bandwidth*

Bandwidth adalah besaran jalur yang akan dilalui sebagai lalu lintas data.

5. *Load*

Merupakan tingkat sumber daya yang digunakan pada jaringan.

6. *Communication cost*

Communication cost merupakan biaya yang dikeluarkan oleh badan atau lembaga dalam menenukan insfrastruktur jaringan yang akan dibangun.

2.3.1 Routing pada Jaringan Wireless

Pada jaringan *wireless* penerapan protokol *routing* konvensional tidak dapat digunakan karena keterbatasan pada jaringan *wireless*, seperti keterbatasan *bandwidth*, topologi jaringan yang dinamis, interferensi, keterbatasan *range* dan *broadcast* (Mulyanta 2005). Pada jaringan *wireless* terdapat dua jenis protokol yang umum digunakan, yaitu:

1. *Precomputed Routing*

Precomputed Routing atau sering disebut sebagai *routing* proaktif merupakan metode *routing* yang akan mengomputasi semua rute yang ada, setiap informasi dari *node* seperti *link* dan topologi akan dilakukan penyimpanan secara keseluruhan atau sebagian saat melakukan komputasi rute. Kelebihan dari *routing* dengan menggunakan metode ini adalah ketersediaan rute yang dapat diandalkan pada jaringan, sedangkan kekurangannya adalah kemungkinan beberapa rute yang tidak digunakan



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

sehingga akan menggunakan banyak bandwidth yang banyak (Mulyanta 2005). Contoh protokol yang menggunakan metode ini adalah DSDV (*Destination Sequence Distance Vector*).

2. *On Demand Routing*

On Demand Routing atau sering disebut sebagai *routing* reaktif merupakan jenis *routing* yang melakukan komputasi rute hanya pada saat dibutuhkan saja. Kelebihan dari penggunaan *routing* jenis ini adalah penggunaan bandwidth yang sedikit karena pemilihan rute hanya dilakukan pada saat dibutuhkan saja, sedangkan kelemahannya adalah waktu yang dibutuhkan pada saat awal transmisi yang cukup besar. Contoh protokol yang menggunakan *routing* jenis ini adalah AODV (*Ad-hoc On-demand Distance Vector*), TORA (*Temporally Ordered Routing Algorithm*), dan DSR (*Dinamic Source Routing*).

2.4 *Network Simulator 2 (NS2)*

Network Simulator 2 (NS2) merupakan tool simulasi jaringan yang bersifat *open-source* dan berjalan pada sistem operasi Linux. Simulator ini dikembangkan dengan target untuk penggunaan pada riset jaringan dengan menyediakan dukungan simulasi yang substantial untuk melakukan simulasi *routing*, *multicast protocols*, dan *IP protocols* seperti UDP, TCP, RTP, dan SRM menggunakan jaringan kabel dan nirkabel (Haddad 2002).

2.5 *Delay*

Delay merupakan waktu yang dibutuhkan untuk pengiriman suatu paket data mulai pada saat paket tersebut dikirim sampai diterima (Sutanto 2016). Pada jaringan LAN *delay* dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu:

1. *Delay propagation* (propagasi) merupakan waktu yang dibutuhkan oleh sinyal informasi untuk dapat bergerak pada media komunikasi yang digunakan pada jaringan seperti kabel, serat optik, maupun gelombang radio.
2. *Delay transmission* (transmisi) merupakan waktu yang dibutuhkan oleh suatu sistem untuk melewati sejumlah paket data.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Untuk menentukan nilai dari *delay* transmisi dapat menggunakan persamaan berikut:

$$Delay = (N - 1) \frac{L}{R}$$

Keterangan : L = Panjang sebuah paket (bit)
R = transmisi rate (bit/sec)
N = total paket

3. *Delay queue* (antrian) merupakan lamanya waktu yang dibutuhkan sebuah paket data sebelum paket data tersebut diteruskan hingga sampai ke tujuan.

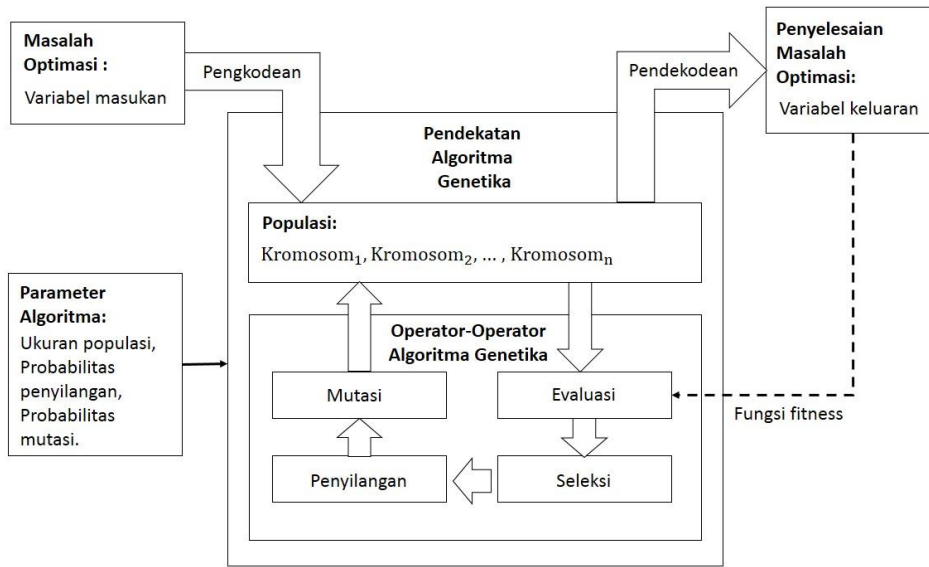
2.6 Algoritma Genetika

Algoritma genetika merupakan algoritma optimasi yang didasari dari proses genetika yang terjadi pada makhluk hidup yaitu perkembangan generasi dalam sebuah populasi secara alami, yang lambat laun akan mengikuti prinsip seleksi yang terjadi pada alam dimana populasi yang kuat yang akan tetap bertahan (Berlianty and Arifin 2010). Proses kerja algoritma ini adalah dengan menggunakan populasi yang terdiri dari individu-individu yang mana masing-masing individu tersebut akan menghasilkan sebuah solusi yang mungkin bagi suatu masalah yang ada. Keberhasilan penerapan algoritma genetika bergantung pada penentuan kromosom dan operator yang akan digunakan, pembentukan kromosom harus dilakukan secara tepat karena pada proses komputasi nantinya, kromosom-kromosom tersebut yang akan diproses menggunakan algoritma genetika. Berikut merupakan kerangka kerja penerapan algoritma genetika untuk menyelesaikan suatu masalah optimasi.

UIN SUSKA RIAU

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.6 Proses Algoritma genetika

(Sumber : Zukhri, 2014)

Menurut Haupt dan Haupt struktur dasar algoritma genetika dapat dibagi kedalam beberapa langkah sebagai berikut (Zukhri 2014):

1. Inisialisasi populasi.
2. Evaluasi populasi.
3. Seleksi.
4. Penyilangan atau *crossover* terhadap pasangan kromosom tertentu.
5. Mutasi pada kromosom tertentu.
6. Evaluasi populasi baru hasil reproduksi.
7. Ulangi langkah 3 hingga mencapai syarat berhenti yang telah ditentukan.

2.6.1 Proses Algoritma Genetika

Proses algoritma genetika dimulai dari pembuatan himpunan solusi baru (proses inisiasi) yang akan ditempatkan pada suatu penampung populasi yang nantinya akan dilakukan evaluasi terhadap inisialisasi atau solusi tersebut. Apabila solusi yang dihasilkan bukanlah solusi optimal yang diinginkan maka akan dilakukan proses perkawinan dengan menentukan individu-individu terbaik yang akan menghasilkan keturunan selanjutnya. Penerapan operator *crossover* dan mutasi terhadap individu yang telah dipilih sebelumnya akan menghasilkan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

individu baru atau generasi baru. Selanjutnya akan dilakukan proses evaluasi untuk menentukan populasi baru dari individu-individu yang telah dilakukan proses perkawinan dan akan menggantikan populasi sebelumnya (Berlianty and Arifin 2010). Siklus tersebut akan dilakukan berulang kali hingga mendapatkan solusi optimal atau telah mencapai maksimal generasi yang telah ditentukan. Berikut merupakan alur diagram dari proses algoritma genetika.

2.6.1.1 Inisialisasi Populasi

Proses inisialisasi populasi merupakan tahap awal dari pencarian solusi dengan menggunakan algoritma genetika. Populasi merupakan sekumpulan dari nilai awal. Penentuan populasi awal akan dilakukan secara acak yang nantinya akan digunakan sebagai daerah awal pencarian solusi. Sebagian besar algoritma genetika akan menggunakan jumlah variabel yang terdapat pada suatu fungsi objektif yang akan dioptimasi sebagai penentu dalam menentukan panjang kromosom yang akan dibentuk (Berlianty and Arifin 2010).

Setiap individu atau kromosom dapat disusun menggunakan nilai *biner*, *floating point*, *integer*, dan lain sebagainya. Untuk penentuan proses inisialisasi populasi perlu diperhatikan ukuran atau panjang kromosom sehingga akan mampu menghasilkan nilai yang optimum.

Proses inisialisasi populasi dilakukan dengan melakukan pembangkitan secara acak pada setiap *node* yang terdapat pada jaringan *wireless*. Setiap individu akan dibangkitkan sebagai pasangan *ring* dengan berdasarkan pada data *matrix delay* yang telah di dapat. Prosedur penentuan *ring* yang akan digunakan sebagai inisialisasi populasi adalah sebagai berikut.

1. Buat set kosong kromosom (Y) dan node yang dikunjungi (V).
2. Tentukan ukuran minimal *node* yang akan dijadikan suatu *ring* pada setiap sub jaringan secara acak, $u \in \{3, \dots, n\}$.
3. Buat *temporary node* (W) untuk menandakan *set node* yang telah digunakan dalam membuat *ring*.
4. Bangkitkan *node i* yang saling berhubungan secara acak dan tambahkan ke W.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

5. Pilih $u-1$ *node* secara acak selain *node* i dari jaringan dan tambahkan ke W .
6. Terapkan *nearest neighbor algorithm* untuk mendapatkan *node* W untuk membentuk jaringan *ring*(r).
7. Perbaharui data *node* yang telah dikunjungi, jika seluruh *node* telah dikunjungi maka berhenti, jika tidak kembali ke langkah 2

Nearest neighbor algorithm adalah metode pencarian heuristik sederhana untuk menemukan *ring* r yang pendek, berikut adalah prosedur dari algoritma *nearest neighbor*:

1. Pilih *node* secara acak sebagai *node* awal pada W sebagai *node* sekarang dan tandai sebagai *node* yang telah dikunjungi.
2. Tambahkan koneksi dari *node* sekarang ke *node* yang belum dikunjungi pada jaringan *ring*.
3. Tandai *node* terdekat sebagai *node* yang telah dikunjungi, dan jadikan sebagai *node* yang sekarang.
4. Jika semua *node* pada W telah dikunjungi, tambahkan koneksi dari *node* yang sekarang ke *node* awal dan berhenti, jika tidak kembali ke langkah 2.

2.6.1.2 Fitness

Fitness atau nilai *fitness* merupakan nilai kelayakan yang menyatakan baik atau tidaknya solusi dari suatu individu. Nilai *fitness* yang diperoleh dapat digunakan untuk menentukan tingkat kualitas kromosom untuk merepresentasikan penyelesaian masalah (Zukhri 2014). Pada penelitian ini nilai *fitness* yang digunakan dapat didefinisikan sebagai fungsi objektif dengan parameter data delay pada masing-masing kromosom.

Perhitungan nilai *fitness* dapat menggunakan persamaan 2.1 berikut:

$$f_i = \sum_{1}^n r \quad (2.1)$$

Keterangan : f_i = Nilai *fitness* ke- i

r = Total *delay* dari *sub ring*

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

n = Jumlah *sub ring*

2.6.1.3 Repair

Repair atau perbaikan dilakukan untuk memastikan setiap *network ring* yang terbentuk pada suatu kromosom saling terkoneksi satu dengan lainnya. Dari setiap *network ring* yang telah terbentuk akan dilakukan prosedur pengecekan dan perbaikan. Walaupun setiap *node* telah dikunjungi terdapat kemungkinan jaringan tersebut tidak terkoneksi. Prosedur perbaikan terhadap jaringan yang tidak terkoneksi adalah sebagai berikut:

1. Cek apakah jaringan yang telah direpresentasikan pada suatu kromosom telah terkoneksi, jika iya berhenti, jika tidak lanjut ke tahap berikutnya.
2. Tentukan ukuran minimal *node* yang akan dijadikan suatu *ring* pada setiap sub jaringan secara acak, $u \in \{3, \dots, n\}$.
3. Buat *temporary node* (W) dalam keadaan kosong.
4. Pilih *node* i yang tidak terhubung dan tambahkan ke w .
5. Pilih $u-1$ *node* secara acak selain *node* i dari jaringan dan tambahkan ke W.
6. Terapkan *nearest neighbor algorithm* untuk mendapatkan *node* pada W untuk membentuk jaringan *ring* (r).
7. Tambahkan *ring* r ke dalam kromosom (Y), dan kembali ke langkah 1.

2.6.1.4 Evaluasi

Evaluasi adalah proses penentuan nilai suatu individu untuk menentukan tingkat kelayakan individu untuk melakukan proses perkawinan pada tahap selanjutnya. Evaluasi dapat ditentukan dengan menggunakan nilai *fitness* yang dihasilkan dari setiap individu (Berlianty and Arifin 2010). Nilai *fitness* yang telah ditentukan dapat digunakan untuk menentukan tingkat kualitas kromosom untuk merepresentasikan penyelesaian masalah (Zukhri 2014). Pada penelitian ini, nilai dari fungsi *fitness* (f) dapat didefinisikan sebagai fungsi objektif.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Perhitungan nilai evaluasi dapat menggunakan persamaan 2.2 berikut:

$$f_i = \min \sum_{r=1}^n r \quad (2.2)$$

Keterangan : f_i = Nilai *fitness* ke-i

r = Total *delay* dari *sub ring*

n = Jumlah *sub ring*

2.6.1.5 Seleksi

Seleksi merupakan proses pemilihan kromosom terbaik pada algoritma genetika yang akan tetap dipertahankan pada suatu populasi. Kromosom yang terpilih memiliki kemungkinan untuk dilakukan proses penyilangan dengan menggunakan probabilitas penyilangan sehingga akan menghasilkan kromosom baru yang akan melanjutkan generasi berikutnya (Zukhri 2014). Terdapat beberapa jenis seleksi yang dapat digunakan pada algoritma genetika yaitu, seleksi sebanding dengan nilai *fitness* (*fitness proportionate selection*), seleksi peringkat (*rank selection*), seleksi turnamen, dan seleksi elitis.

Pada penelitian ini akan menggunakan jenis seleksi peringkat (*rank selection*). Pada metode seleksi peringkat, kromosom pada suatu populasi diurutkan berdasarkan nilai *fitness* yang diperoleh. Semakin baik nilai *fitness* suatu kromosom maka kromosom tersebut akan menempati peringkat yang lebih tinggi untuk terpilih sebagai induk yang akan dilakukan proses penyilangan. Probabilitas terpilihnya kromosom (p_i) ditentukan berdasarkan fungsi distribusi, sehingga jumlah probabilitas pada semua kromosom yang terbentuk sama dengan satu, atau dapat di gambarkan seperti persamaan berikut.

$$\sum_{i=1}^N P_i = 1 \quad (2.3)$$

2.6.1.6 Penyilangan (Crossover)

Proses penyilangan atau *crossover* merupakan proses yang bertujuan untuk menghasilkan kromosom baru pada generasi berikutnya (Zukhri 2014). Dengan melakukan proses penyilangan pada suatu kromosom maka akan mengarahkan

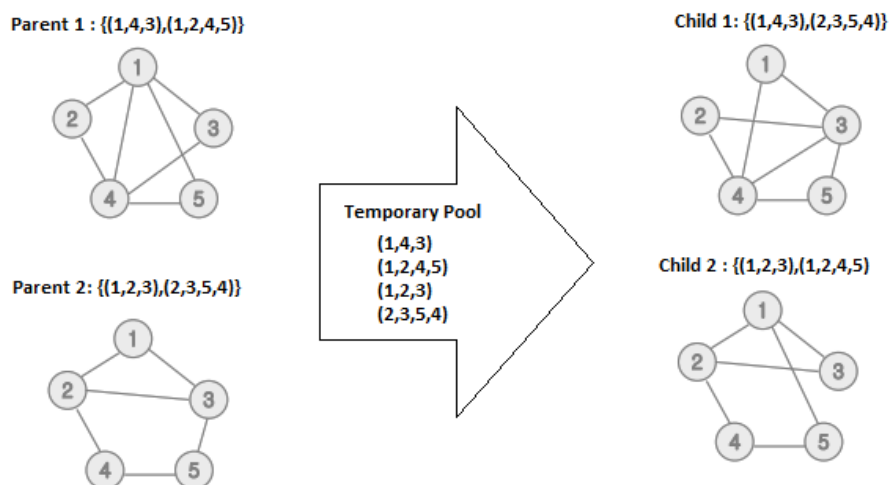
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

pada suatu solusi yang diinginkan. Proses *crossover* dapat berakibat buruk dan tidak menghasilkan solusi jika jumlah populasi yang digunakan terlalu kecil. Dengan jumlah populasi yang sangat kecil, pencarian solusi suatu kromosom dengan gen-gen yang nantinya akan menghasilkan solusi akan dengan sangat cepat menyebar pada kromosom-kromosom lainnya. Untuk menghindari hal tersebut digunakan suatu aturan dengan menentukan probabilitas tertentu untuk melakukan proses *crossover* (p_c), probabilitas umumnya ditentukan dengan nilai mendekati 1 (Suyanto 2005).

Terdapat beberapa jenis *crossover* yang dapat digunakan untuk proses optimasi diantaranya, *one point crossover*, *n-point crossover*, *cycle crossover*, *ordered crossover*, dan *partially mapped crossover*. Pada penelitian ini akan menggunakan jenis *crossover* yaitu *special crossover* dengan berdasarkan pada operator yang digunakan pada *order crossover* dan *partially mapped crossover* (Won, Malisia, and Karray 2010). Berikut merupakan tahapan dalam melakukan *crossover* :

1. Bangun *temporary pool* untuk menampung data *ring* dari kedua *parent*.
2. Pindahkan setiap *ring* pada *temporary pool* ke dalam *proto child* dengan probabilitas yang sama.
3. Terapkan algoritma perbaikan terhadap *proto child* yang menunjukkan *network* yang tidak terhubung.



Gambar 2.7. Prosedur Crossover (Won, Malisia, and Karray 2010)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2.6.1.7 Mutasi

Proses mutasi adalah suatu proses pada algoritma genetika yang bertujuan untuk merubah gen-gen tertentu pada suatu kromosom. Untuk melakukan proses mutasi dilakukan pemilihan kromosom secara acak dan menentukan titik untuk melakukan mutasi pada gen secara acak juga. Penentuan jumlah kromosom yang akan dilakukan proses mutasi dihitung berdasarkan probabilitas mutasi yang telah ditentukan (Lukas, Anwar, and Yuliani 2005). Penentuan probabilitas mutasi yang akan digunakan sebaiknya menggunakan nilai yang sangat kecil.

Terdapat 3 tahap proses mutasi yang akan digunakan, yaitu *ring-merging*, *ring-splitting*, dan *ring-resizing*. Ketiga *sub-operator* akan diterapkan satu persatu, berikut merupakan tahapan dari proses mutasi:

1. Pilih 2 *ring* r_a dan r_b dari suatu kromosom dengan menerapkan algoritma *nearest neighbor* untuk *node* yang telah dikunjungi dari r_a dan r_b untuk membentuk *ring* baru, kemudian tukar *ring* r_a dan r_b dari kromosom.
2. Pilih secara acak salah satu *ring* dari kromosom yang memiliki ukuran lebih besar dari 3 *node* dan replikasi sebagai r_d . Tentukan bilangan acak yang seragam dengan $u \in \{1, \dots, n+3\}$, lakukan *ring splitting* dengan menghapus $u+1$ edge yang bertalian dari r_d dan tempatkan 2 *edge* antara 2 *node* yang tidak terhubung untuk membuat r_d terhubung. Tambahkan hasil *ring-splitting* dari r_d pada akhir kromosom.
3. Pada tahap *ring-resizing* terdapat 2 operator yang dapat digunakan yaitu memperbesar atau mengurangi *ring* r , dengan probabilitas sama dengan 0,5. Jika memperbesar *ring* r , maka prosesnya adalah dengan memilih secara acak *node* ke- i pada suatu jaringan dan mengambil *node* ke- j yang terdekat dari i . Diantara 2 *node* yang berdekatan dengan *node* j pada *ring*, terdapat h yang lebih dekat ke i yang akan dipilih. Edge diantara j dan h yang telah ada akan dihapus dan 2 edge antara i dan j dan i dan h akan ditambahkan pada *ring*. Jika operator yang dipilih adalah mengurangi *ring* r , maka langkahnya adalah dengan memilih *node* i secara acak pada jaringan, lalu hapus 2 edge yang berdekatan dengan i , tambahkan 2 edge yang berdekatan yang menghubungkan

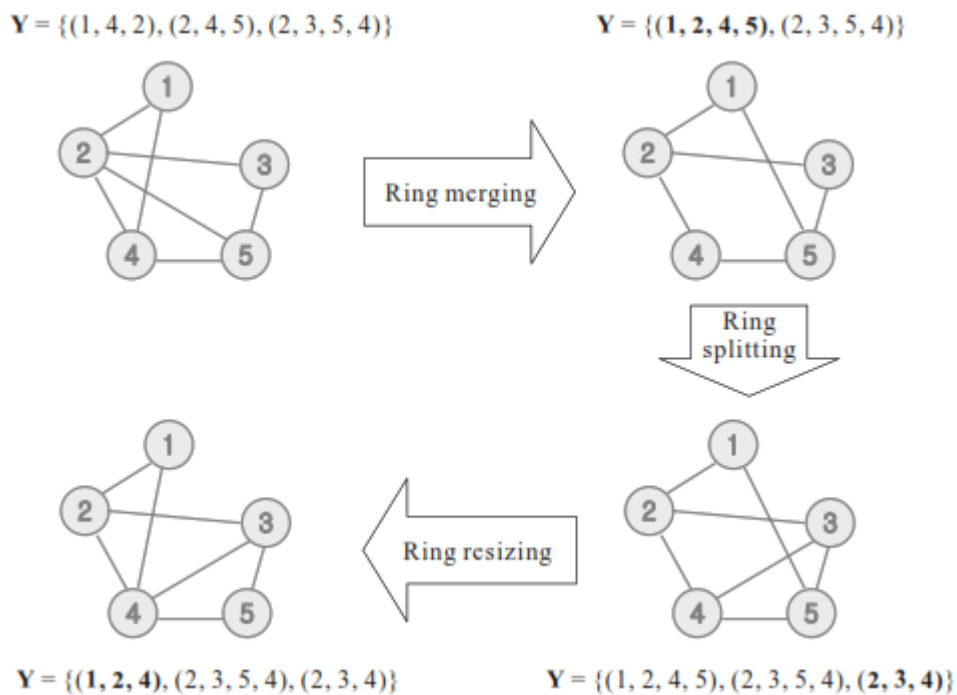
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

node i. Penerapan *ring-resizing* dapat merusak konektifitas dari kromosom yang telah direpresentasi. Jika hal ini terjadi, algoritma perbaikan dapat diterapkan.



Gambar 2.8. Proses mutasi algoritma genetika (Won, Malisia, and Karray 2010)

2.6.1.8 Syarat Berhenti

Perhitungan optimasi pada algoritma gentika dapat berhenti ketika terpenuhinya syarat berhenti yang ditentukan. Penentuan syarat berhenti dapat menggunakan batas nilai fungsi *fitness*, batas nilai fungsi objektif, batas waktu komputasi, jumlah generai yang dibangkitkan, dan telah terjadinya konvergensi pada generasi tertentu. Pemilihan syarat berhenti sangat bergantung pada tingkat optimasi yang diinginkan, biasanya yang *sering* digunakan sebagai syarat berhenti pada algoritma gentika adalah dengan menggunakan jumlah generasi pada algoritma genetika (Zukhri 2014).

2.7 Penelitian Terdahulu

Dengan mempelajari penelitian terdahulu akan dapat membantu penentuan dasar dan acuan yang akan digunakan berdasarkan teori-teori atau temuan-temuan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

yang pernah dilakukan sebelumnya. Data pendukung yang digunakan merupakan data yang relevan dengan permasalahan yang ada pada penelitian. Berikut merupakan beberapa penelitian terdahulu yang digunakan sebagai acuan pada penelitian ini.

Tabel 2.4 Penelitian Terdahulu

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Nama Jurnal	Kesimpulan
1.	1. Rastin Pries 2. Barbara Staehle 3. Dirk Staehle 4. Viktor Wendel (Pries, Staehle, Staehle, and Wendel 2010)	<i>Genetic Algorithm for Wireless Mesh Network Planning</i>	<i>International Conference on Modelling Analysis and Simulation of Wireless and Mobile System</i>	Pada penelitian ini penggunaan algoritma genetika digunakan untuk melakukan optimasi <i>throughput</i> dan distribusi dari jaringan secara adil pada masing-masing sumber. Parameter yang digunakan adalah nilai <i>throughput</i> pada jaringan dengan jenis <i>crossover</i> yang digunakan adalah <i>area crossover</i> dan <i>cell and subtree crossover</i> . Dengan menggunakan algoritma genetika dapat meningkatkan nilai performa <i>throughput</i> jaringan sebesar 10-20%.
2.	1. Rastin Pries 2. Dirk Staehle 3. Barbara Staehle 4. Phuoc Tran-Gia (Pries, Staehle, Staehle, and Tran-gia 2010)	<i>"On Optimization of Wireless Mesh Network's using Genetic Algorithm"</i>	<i>International Journal on Advances in Internet Technology, Vol 3 no 1 & 2</i>	Dengan menggunakan algoritma genetika dapat menyelesaikan masalah optimasi <i>wireless routing</i> yang kompleks dengan waktu komputasi yang minimal.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Nama Jurnal	Kesimpulan
3.	1. Jin-Myung Won 2. Alice Malisia 3. Fakhreddine Karray (Won, Malisia, and Karray 2010)	<i>Reliable Network Design Using Hybrid Genetic Algorithm Based on Multi-Ring Encoding</i>	<i>Computational Intel. in Expensive Opti. Prob., ALO 2, pp. 609–635</i>	Parameter yang digunakan adalah nilai throughput. Metode crossover menggunakan 3 cara yaitu <i>2-point crossover</i> , <i>cell crossover</i> , dan <i>subtree crossover</i> . Hasil perhitungan dengan menggunakan algoritma genetika tradisional memiliki keterbatasan dibandingkan dengan HGA, yang memiliki kemampuan menangani RNDP secara lebih efisien. Metode representasi dengan permasalahan yang spesifik seperti MRE mempunyai peranan yang penting dalam menghasilkan solusi yang terbaik dengan waktu komputasi yang minimal.
4.	1. Anjum A. Mohammed 2. Gihan Nagib (Mohammed 2012)	<i>Optimal Routing In Ad-Hoc Network Using Genetic Algorithm</i>	<i>Int. J. Advanced Networking Applucations</i>	Penggunaan algoritma genetika untuk pencarian <i>sortest path routing</i> mampu untuk mencari solusi yang efektif dan lebih cepat dibandingkan dengan menggunakan algoritma DSR. Dengan menggunakan algoritma genetika dapat memberikan performa yang lebih baik dan efektif

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Nama Jurnal	Kesimpulan
5.	1. Moheb R. Girgis 2. Tarek M. Mahmoud 3. Bahgat A. Abdullatif 4. Ahmed M. Rabie (Girgis et al. 2014)	<i>Solving the Wireless Mesh Network Design Problem Using Genetic Algorithm and Simulated Annealing Optimization Methods</i>	<i>International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 96– No. 11, June 2014</i>	bahkan pada jaringan dengan <i>node</i> yang bersifat <i>mobile</i> dan perubahan topologi. Pada penelitian ini jenis <i>crossover</i> yang digunakan adalah <i>midpoint crossover</i> . Pada penelitian ini penggunaan algoritma genetika dan <i>simulated annealing</i> mampu untuk meminimalkan <i>cost</i> dan kendala pencarian <i>gateway</i> pada jaringan. Penggunaan GA lebih baik dibandingkan dengan SA pada jaringan dengan skala yang kecil, sedangkan SA lebih baik diterapkan pada jaringan dengan skala yang lebih besar.
6.	1. Kamal Kant Sharma 2. Inderpreet Kaur (Sharma and Kaur 2015)	<i>Implementaion of Genetic Algorithm for Optimization of Network Route</i>	<i>Proceedings of the Second International Conference on Computer and Communication Technologies</i>	Algoritma genetika dapat digunakan untuk optimasi jarak antar 2 <i>node</i> dan faktor kemacetan pada jaringan. Faktor kemacetan sangat berpengaruh untuk menghasilkan solusi yang optimal. Pada penelitian tersebut menghasilkan solusi optimal dengan membandingkan banyak <i>node</i>

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Nama Jurnal	Kesimpulan
7.	1. Samiksha Nikam 2. B.T.Jadvav, PhD (Nikam 2016)	<i>Delay Analysis of DSDV Protocol Using NS 2.34</i>	<i>International Journal of Computer Applications</i>	dengan tinggak kepadatan lalu lintas yang berbeda. <i>Delay</i> merupakan parameter yang sangat pernting dalam meningkatkan performasi jaringan komputer. Dengan tingkat mobilitas yang tinggi skenario jaringan dan kecepatan pertukaran antar <i>node</i> memiliki nilai variabel <i>delay</i> yang tidak stabil. Dengan melakukan perbaikan pada parameter skenario jaringan akan mampu untuk meminimalkan dan menstabilkan <i>delay</i> pada jaringan.
8.	1. Diki Okiandri 2. Sholeh Hadi Pramono 3. Erni Yudaningtyas (Okiandri, Pramono, and Yudaningtyas 2016)	<i>Optimasi Jaringan Serat Optik Menggunakan Metode Algoritma Genetika (Studi Kasus UNISMA)</i>	Jurnal Teknologi Informasi dan Ilmu Komputer	Dengan menerapkan algoritma genetika untuk menentukan jalur tercepat pada jalur <i>backbone</i> fiber optik dan meningkatkan kecepatan pengiriman data dengan penurunan waktu tempuh dari sebelumnya sebesar 53,5% dan peningkatan data <i>rate</i> sebesar 54,75%.
9.	1. Merinda Lestandy 2. Sholeh Hadi Pramono	<i>Optimasi Routing pada Metropolitan Mesh Network</i>	JNTETI, Vol. 6, No. 4.	Penggunaan Adaptive Mutation Genetic Algorithm terbukti mampu

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Nama Jurnal	Kesimpulan
9.	3. Muhammad Aswin (Lestandy, Pramono, and Aswin 2017)	<i>Menggunakan Adaptive Mutation Genetic Algorithm</i>		mengurangi premature convergence dengan menggunakan nilai probabilitas mutasi sebesar 0,000005782 dan probabilitas crossover sebesar 0,000947.
10.	1. Ridwansyah (Ridwansyah 2017)	<i>Penggunaan Algoritma Genetika untuk Desain Topologi Mesh pada Jaringan Fisik Telekomunikasi</i>	Jurnal Matematika, Statistik dan Komputasi	Pada penelitian ini penggunaan algoritma genetika mampu menghasilkan nilai optimum sebesar 33306,69 dengan total iterasi sebanyak 200 kali dan jumlah <i>node</i> sebanyak 10 <i>node</i> pada jaringan <i>mesh</i> . Perancangan topologi mesh dengan menggunakan tiga buah topologi <i>ring</i> yang saling terhubung satu dengan lainnya.
11.	1. Chin-Min Yu 2. Ting-Wei Hsu (Yu and Hsu 2017)	<i>Determining the Optimal Configuration of the Multi-Ring Tree for Bluetooth Multi-Hop Network</i>	Energies 2017, 10, 1339	Terdapat 2 tahap pada algoritma ini, tahap pertama adalah pemilihan <i>leader root</i> dan konfigurasi <i>multi-ring</i> yang optimal berdasarkan algoritma <i>min-path</i> . Pada tahap kedua setiap <i>root</i> dari <i>subnet multi-ring</i> dan dibangun sesuai dengan pola subnet yang berbentuk pohon pada area yang tersebar.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

No.	Peneliti	Judul Penelitian	Nama Jurnal	Kesimpulan
1.				Topologi <i>multi ring</i> mampu memberikan performa yang superior pada jaringan <i>bluetooth low energi</i> .
2.	1. Qilbaaini Effendi Muftikhali 2. Arnoldus Yansen Friska Damar Yudhistira 3. Aris Kusumawati 4. Syukron Hidayat (Muftikhali et al. 2018)	<i>Optimasi Algoritma Genetika Dalam Menentukan Rute Optimal Topologi Cincin Pada Wide Area Network</i>	Jurnal Ilmiah Ilmu Komputer	Pada algoritma genetika, penentuan jumlah populasi yang tepat, metode seleksi dengan menggunakan <i>elitism</i> dan <i>rate</i> mutasi yang tepat dapat menyelesaikan permasalahan <i>routing</i> pada topologi cincin. Penggunaan metode seleksi <i>elitism</i> dan <i>rate</i> mutasi 0,08 dapat menghasilkan rute yang paling optimal.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB III

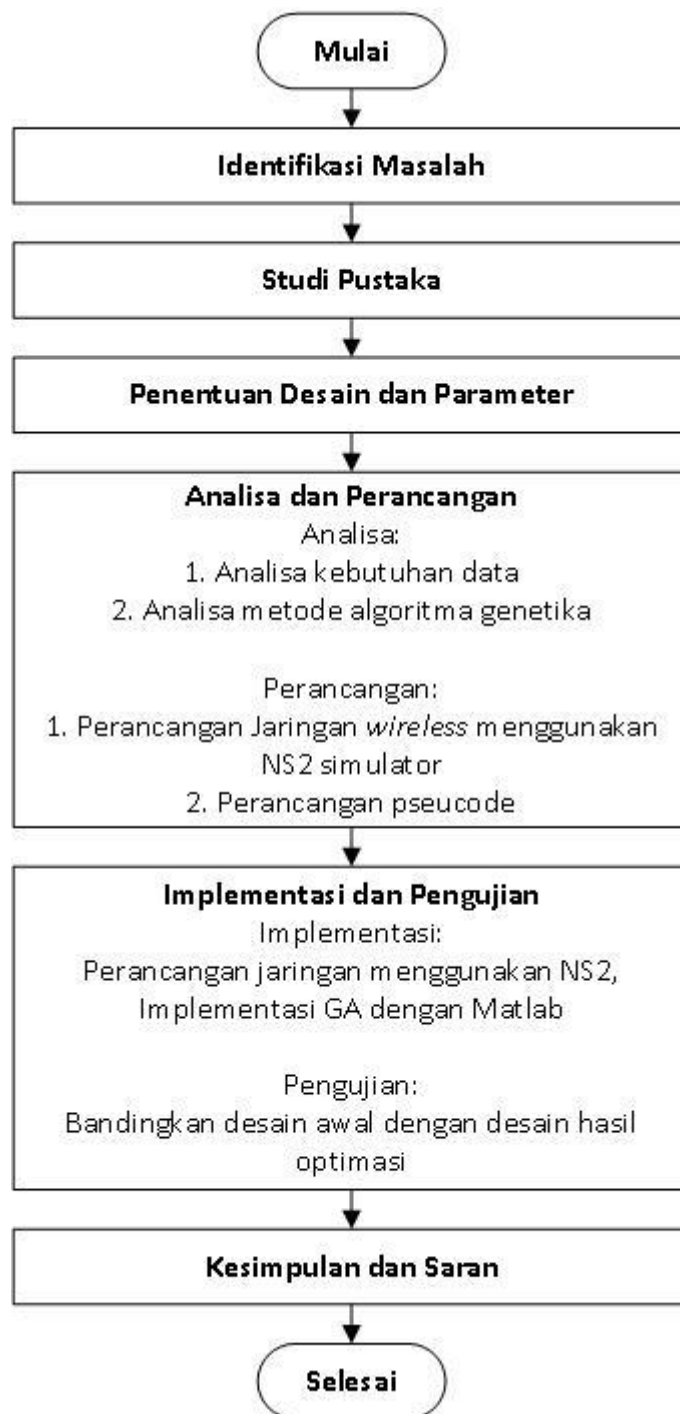
METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi penelitian merupakan tahapan yang harus dilalui dalam penelitian ini, dimulai dari tahap perencanaan penelitian hingga tahap penarikan kesimpulan dan dokumentasi. Untuk lebih memahami tahapan yang dilalui dari penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.1 berikut:



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.1 Metodologi penelitian

Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah adalah tahap awal yang harus dilalui pada penelitian. Pada tahap ini akan dilakukan penentuan permasalahan yang akan diangkat



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

pada penelitian ini. Adapun yang akan dilakukan indentifikasi adalah untuk mengimplementasikan algoritma genetika untuk optimasi desain topologi pada jaringan *wireless*. Solusi yang diperoleh adalah merupakan hasil optimasi topologi jaringan, dengan memperhitungkan nilai *delay* yang didapatkan dari proses *routing* pada suatu jaringan.

3.2 Studi Pustaka

Studi pustaka adalah metode yang bertujuan untuk mengumpulkan informasi dan teori yang berkaitan dengan penelitian ini seperti desain topologi jaringan, routing, maupun algoritma genetika. Informasi dan teori pendukung dapat diperoleh melalui berbagai sumber seperti jurnal, tugas akhir, konferensi, maupun buku lainnya yang terkait dengan penelitian ini.

3.3 Penetapan Desain dan Parameter

Penetapan desain dan parameter adalah tahap selanjutnya pada penelitian ini. Pada tahap ini akan diperoleh desain dan beberapa parameter data yang akan digunakan seperti *delay* dan *routing table* dari masing-masing node atau router berdasarkan hasil pengujian jaringan yang sebelumnya telah dilakukan perancangan menggunakan aplikasi NS2 simulator. Data parameter yang didapatkan akan digunakan sebagai parameter perhitungan untuk melakukan optimasi desain topologi jaringan *wireless* adalah data *delay*, *routing table*, yang dibutuhkan untuk mengirim data antar perangkat pada jaringan. Jenis topologi yang digunakan berupa topologi mesh.

3.4 Analisa dan Perancangan

Pada tahap analisa dan perancangan ini akan dibagi menjadi dua diantaranya adalah sebagai berikut:

3.4.1 Analisa

Pada tahap analisa ini terdapat beberapa hal yang akan dilakukan analisa sebelum hasil yang tepat ditemukan, diantaranya:

1. Analisa Kebutuhan Data

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

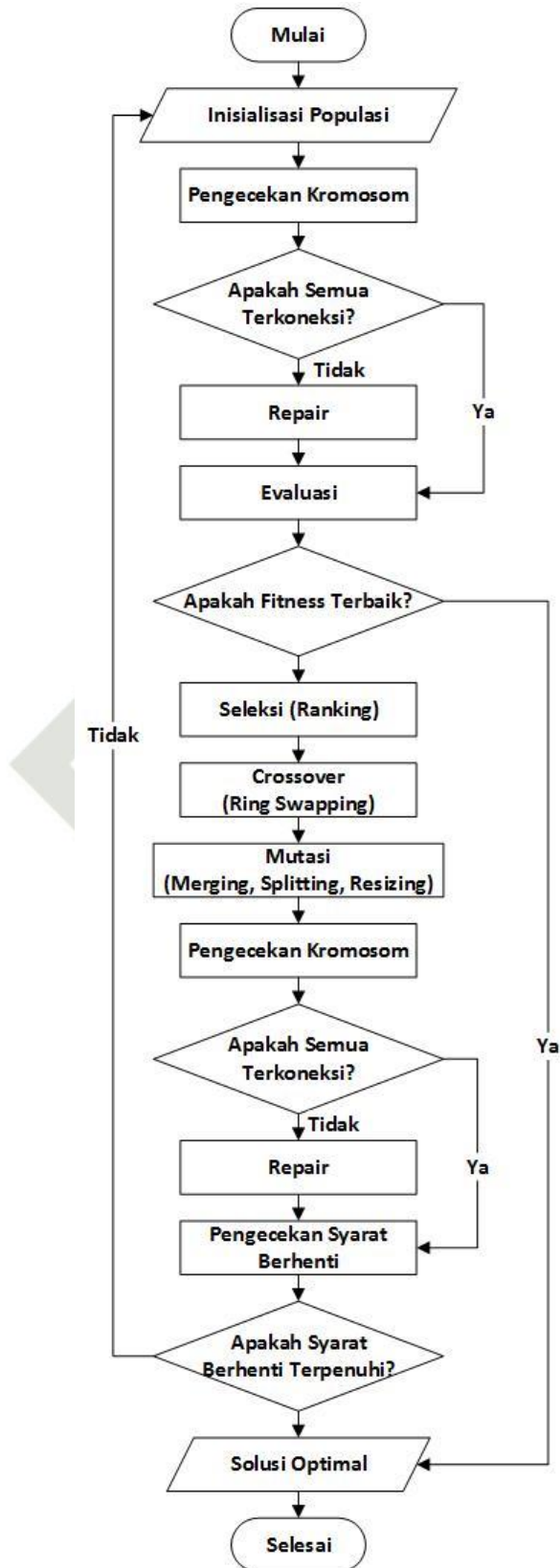
Tahap analisa kebutuhan data dilakukan terhadap data apa saja yang dapat digunakan untuk dilakukan analisa selanjutnya. Pada tahap analisa kebutuhan data ini akan mengambil data delay dan routing table yang akan digunakan sebagai parameter inputan untuk sistem yang akan dibuat nantinya. Nilai *delay* dan *routing table* yang diperoleh dari aplikasi NS2 simulator ini nantinya akan dianalisa sehingga akan mendapatkan hasil yang optimal. Dengan melakukan analisa kebutuhan data, maka akan membantu proses menemukan hasil akhir yang mendekati hasil yang optimal. Analisa kebutuhan data dilakukan dengan memberikan beban pada pada jaringan.

2. Analisa Metode Algoritma Genetika

Pada tahapan ini akan dilakukan pemilihan operator yang akan digunakan pada algoritma genetika yang akan digunakan untuk melakukan optimasi desain topologi jaringan *wireless*. Pada algoritma genetikan terdapat beberapa tahapan untuk menemukan solusi terbaik. Tahapan algoritma genetika yang akan digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.2 Flowchart Algoritma Genetika

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Penjelasan secara rinci mengenai *flowchart* algoritma diatas adalah sebagai berikut:

a. Inisialisasi populasi

Tahap ini merupakan tahap yang digunakan untuk membangkitkan populasi awal dengan melakukan pembangkitan secara acak, setiap individu atau kromosom yang dibangkitkan akan terdiri dari beberapa sub ring network yang terbentuk berdasarkan parameter data *delay* dan *routing table* yang telah diperoleh. Contoh proses inisialisasi populasi dapat dilihat pada gambar 3.3 berikut



Gambar 3.3. Inisialisasi populasi

b. Repair

Repair merupakan tahap yang bertujuan untuk memastikan setiap *network* pada kromosom yang telah dilakukan inisialisasi telah terkoneksi seluruhnya. Jika terdapat satu *network* yang tidak terkoneksi maka akan dilakukan proses perbaikan.

c. Evaluasi Nilai *Fitness*

Evaluasi nilai *fitness* adalah tahapan yang bertujuan untuk mengukur sejauh mana setiap kromosom mampu menghasilkan solusi yang optimal sesuai dengan kriteria yang diinginkan. Penentuan nilai *fitness* dapat dilihat pada persamaan 2.1.

d. Seleksi

Proses ini merupakan proses yang digunakan untuk menentukan kromosom terbaik yang akan dipilih untuk dilakukan proses penyilangan (*crossover*). Seleksi yang akan digunakan menggunakan metode seleksi *ranking selection*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

e. *Crossover*

Proses ini merupakan tahapan untuk menghasilkan individu baru dengan melakukan memindah silangkan dua individu pada suatu populasi. Jenis *crossover* yang akan digunakan adalah *spesial crossover* dengan melakukan *swapping ring* atau menukarkan satu *ring* pada suatu individu dengan *ring* pada individu lain.

f. Mutasi

Mutasi merupakan proses mengubah nilai dari satu atau beberapa gen pada suatu individu. Pada penelitian ini terdapat tiga jenis mutasi yang digunakan yaitu, *ring merging*, *ring splitting*, dan *ring resizing*. Pada tahap ini terdapat kemungkinan suatu network terputus dari koneksinya, jika hal ini terjadi maka proses *repair* dapat diterapkan.

g. Solusi optimal

Jika syarat berhenti telah terpenuhi maka akan menghasilkan hasil optimum dan proses perhitungan algoritma genetika akan berhenti.

3.4.2 Perancangan

Setelah tahapan analisa maka selanjutnya akan dilakukan tahapan perancangan. Tahap ini akan digunakan sebagai pedoman untuk menerapkan algoritma genetika untuk direpresentasikan kedalam bentuk sistem sesuai dengan tujuan yang akan dicapai. Pada tahap ini juga akan dilakukan proses input data parameter yang akan digunakan yaitu berupa data *delay* antar *node* pada jaringan. Terdapat 2 hal yang akan dilakukan perancangan pada tahap ini, yaitu:

1. Perancangan jaringan *wireless* menggunakan NS2 simulator

Perancangan jaringan *wireless* menggunakan aplikasi simulator yaitu NS2 simulator, dengan menggunakan aplikasi ini akan diperoleh data hasil pengujian jaringan.

2. Perancangan *pseudocode*

Perancangan *pseudocode* akan dilakukan setelah tahap analisa selesai. Pada tahap ini akan di bangun sebuah *pseudocode* dengan menggunakan aplikasi matlab yang akan digunakan untuk membantu proses perhitungan untuk mencari solusi optimal.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.5. Implementasi dan Pengujian

Pada tahap ini terdapat beberapa hal yang akan dilakukan sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar, diantaranya:

3.5.1 Implementasi

Pada tahap implementasi ini akan dilakukan penerapan dari analisa yang telah dilakukan sebelumnya dengan melakukan pembuatan *coding* atau pengkodean berupa penentuan *routing* terbaik dengan *nilai* delay minimal menggunakan algoritma genetika dengan hasil akhir berupa desain topologi terbaik dengan *nilai* *delay* yang minimal. Pada tahap ini terdapat kebutuhan perangkat baik berupa perangkat keras maupun perangkat lunak.

Kebutuhan perangkat keras dapat dilihat pada tabel 3.1 berikut:

Tabel 3.1 Kebutuhan perangkat keras

Perangkat	Spesifikasi
Toshiba Sattlite L645	CPU = Intel Core i3 M370 @ 2,4GHz
	Memory = 2Gb
	Hardisk = 320Gb

Kebutuhan perangkat lunak dapat dilihat pada tabel 3.2 berikut:

Tabel 3.2 Kebutuhan perangkat lunak

Software	Keterangan
Microsoft Windows 8.1 64bit	Sistem operasi
NS2.35	Simulator jaringan
Mathlab	Tools perhitungan algoritma

3.5.2 Pengujian

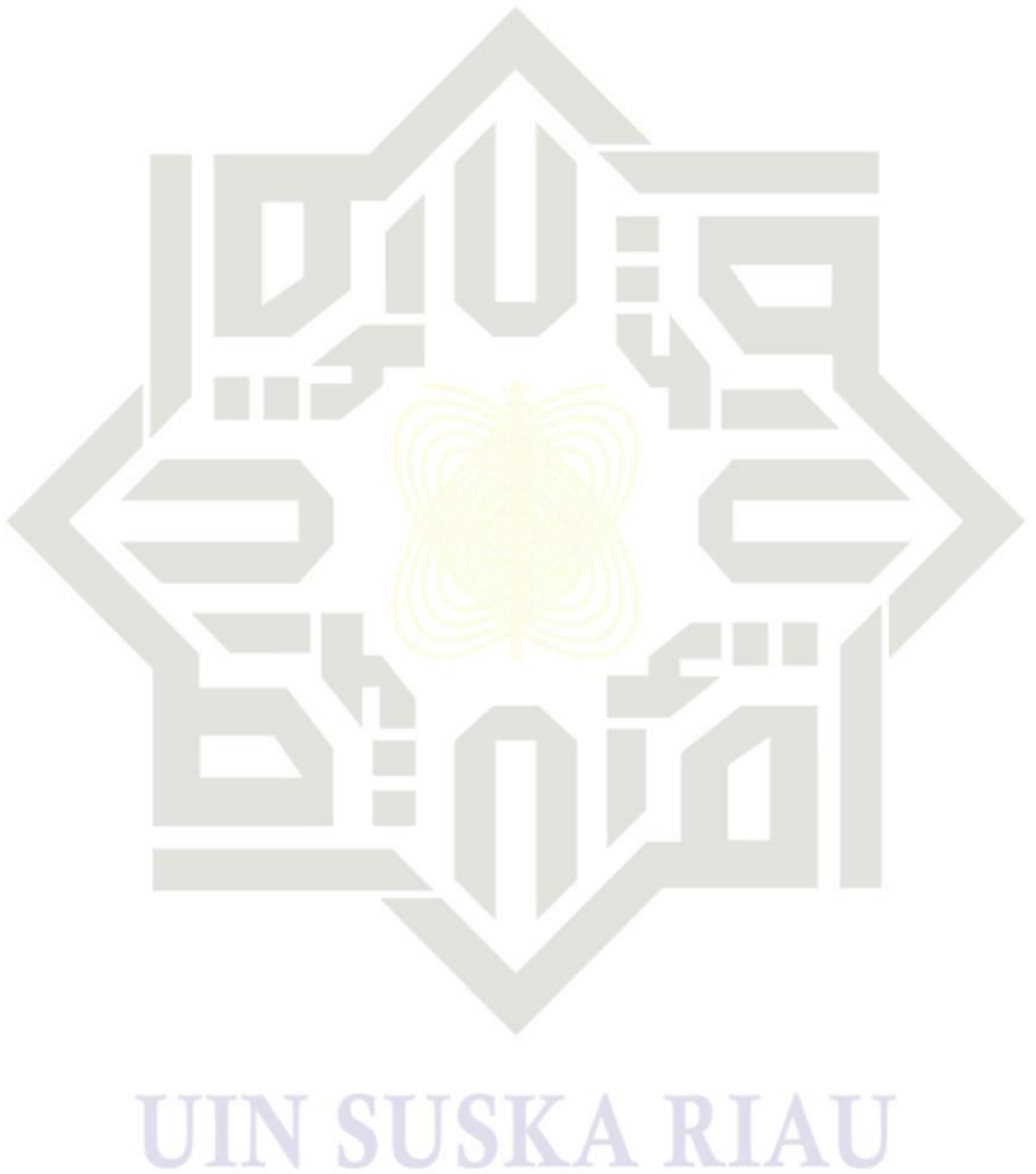
Tahap selanjutnya setelah implementasi adalah tahap pengujian. Pada tahap ini akan dilakukan pengujian terhadap algoritma yang digunakan untuk menentukan desain topologi terbaik. Proses ini akan memastikan keluaran yang dihasilkan dari sistem yang dibuat mampu menghasilkan solusi terbaik. Pada pengujian ini akan dilakukan proses perbandingan dengan membandingkan data *delay* yang diperoleh pada topologi awal dengan data *delay* pada topologi yang dibangun berdasarkan hasil optimasi menggunakan algoritma genetika.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

3.6. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dan saran berisi hasil *review* dari penelitian, akurasi dari metode algoritma genetika yang digunakan, penarikan kesimpulan akhir dan saran untuk penelitian selanjutnya.





1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mempublikasikan dan memberikan hak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

BAB IV

ANALISA DAN PERANCANGAN

Tahapan analisa dan perancangan memiliki peranan yang sangat penting dalam pembuatan sistem pada penelitian ini. Tahapan analisa merupakan tahapan yang akan membahas mengenai pokok permasalahan yang dihadapi secara lebih jelas, rinci dan alur proses yang lebih terstruktur. Tahapan perancangan merupakan tahapan pembuatan sistem sesuai dengan analisa sebelumnya agar sistem yang akan dibangun nanti dapat memberikan solusi sesuai dengan permasalahan yang terdapat pada penelitian ini.

4.1 Analisis Data

Pada tahapan analisa data, dilakukan analisa terhadap data *delay* yang menjadi parameter yang akan digunakan pada simulasi jaringan. Pada penelitian ini menggunakan 10 *nodes wireless* yang saling terhubung dengan menggunakan topologi *mesh*. Setiap node akan dilakukan pengujian dengan memberikan *packet size* sebesar 1500 *bytes* dan *bandwidth* sebesar 11 *Mega bytes*. Hasil pengujian tersebut akan didapatkan data delay dan routing table yang terdiri dari beberapa sub jaringan yang akan digunakan sebagai parameter pada proses perhitungan dengan menggunakan Algoritma Genetika dalam menentukan desain topologi terbaik.

Berikut ini merupakan detail parameter yang akan digunakan pada penelitian ini:

1. Jumlah *node* = 10
2. Jenis topologi = *Mesh*
3. *Bandwidth* = 11 Mb
4. *Packet size* = 1500 byte
5. Probabilitas *crossover* = 0,7
6. Probabilitas mutasi
 - a. Probabilitas Ring merging (PRM) = 0,3

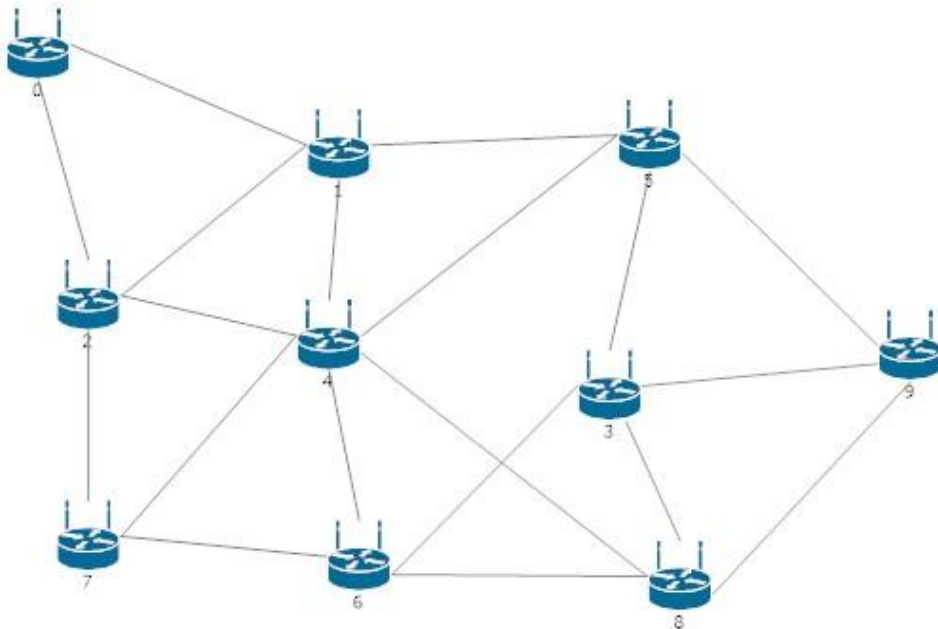
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mempublikasikan dan memberikan hak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

- b. *Probabilitas Ring splitting* (PRS) = 0,3
- c. *Probabilitas Ring resizing* (PRR) = 0,1

7. Iterasi maksimal = 100

Berikut merupakan rancangan desain awal topologi yang akan digunakan:



Gambar 4.1. Desain Topologi

Tahap awal dalam pencarian solusi optimal desain topologi pada jaringan mesh adalah dengan melakukan inisialisasi. Tahapan ini bertujuan untuk memudahkan tahapan selanjutnya pada algoritma genetika, inisialisasi yang digunakan pada penelitian ini menggunakan 10 node jaringan seperti berikut.

Tabel 4.1 Tabel Inisialisasi

No	Nama node	Inisialisasi
1	Node 1	0
2	Node 2	1
3	Node 3	2
4	Node 4	3
5	Node 5	4
6	Node 6	5
7	Node 7	6
8	Node 8	7
9	Node 9	8
10	Node 10	9

Berikut merupakan tabel data *delay* yang di peroleh berdasarkan pengujian yang telah dilakukan terhadap rancangan topologi awal.

Tabel 4.2 Data Delay

Source (milliseconds)		Destination (milliseconds)									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	0	1000	2,308	0,815	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
	1	2,808	1000	1,205	1000	2,811	2,186	1000	1000	1000	1000
	2	4,273	0,967	1000	1000	1,397	1000	1000	1,059	1000	1000
	3	1000	1000	1000	1000	1000	0,902	1,250	1000	0,331	1,265
	4	1000	0,310	1,644	1000	1000	1,233	1,420	0,768	1,053	1000
	5	1000	0,832	1000	1,036	0,668	1000	1000	1000	1000	0,484
	6	1000	1000	1000	1,177	1,372	1000	1000	1,419	1,914	1000
	7	1000	1000	1,194	1000	1,233	1000	0,673	1000	1000	1000
	8	1000	1000	1000	0,812	1,328	1000	1,025	1000	1000	1,245
	9	1000	1000	1000	0,256	1000	0,662	1000	1000	1,723	1000

4.2 Analisis Metode Algoritma Genetika

Pada analisa metode ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah yang akan dilakukan pada algoritma genetika. Dimulai dari inisialisasi populasi sampai regenerasi dan menghasilkan satu desain topologi baru yang lebih optimal.

4.2.1 Tahapan Algoritma Genetika

Pada tahapan ini setiap node dan data delay yang telah di dapatkan akan dilakukan pencarian *routing table* berdasarkan data delay menggunakan algoritma genetika. Pada tahap sebelumnya telah ditentukan parameter yang akan digunakan agar tidak melanggar batas kendala yang telah ditetapkan.

Adapun parameter yang akan digunakan adalah sebagai berikut:

Jumlah <i>sub ring</i> dalam satu kromosom :	4
Jumlah <i>ring</i> dalam satu <i>sub ring</i> :	Minimal = 3, Maksimal = 6
Probabilitas <i>crossover</i> :	0,7
Probabilitas mutasi :	PRM PRS PRR
	0,3 0,3 0,1

Nilai probabilitas yang digunakan berdasarkan pada penelitian (Won, Malisia, and Karray 2010) yang menjelaskan tentang penerapan algoritma genetika hibrid untuk mendesain *reliable network* menggunakan *multi ring encoding*.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mempublikasikan dan memberikan hak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pembangkitan populasi

Populasi dibangkitkan dengan cara melakukan pembangkitan secara acak dari node yang telah ditentukan. Populasi yang dibangkitkan akan membentuk beberapa *subring* yang diperoleh berdasarkan table *routing*. Pembangkitan populasi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.3 Pembangkitan Populasi

Kromosom	Subring 1	Subring 2	Subring 3	Subring 4
Kromosom 1	9 5 7 8	1 0 8 9 2	3 5 9 6	7 6 3 8 4
Kromosom 2	9 0 1	8 4 0	0 5 4 2 9	8 7 3 0 4 9
Kromosom 3	5 4 8	7 9 2 1 6	6 3 1	4 0 1 9
Kromosom 4	8 3 6 0 9 1	9 0 7 3	9 8 1 6	2 1 4
Kromosom 5	5 8 2 9 4	8 0 6 2	2 9 3 0 4	6 7 4
Kromosom 6	6 5 9 4	0 7 9	4 3 9 0 7	5 1 8 7 2 4
Kromosom 7	2 5 3 1	1 6 3 7 8	4 9 1	6 5 7 4 9
Kromosom 8	2 0 5 1	1 9 7	4 2 7 1	5 2 9 0 4
Kromosom 9	8 6 5	0 8 1 7	8 0 1 4	8 3 6
Kromosom 10	7 3 5	1 3 9 8 7	4 0 8 1	7 0 4 9 2
Kromosom 11	5 6 9	7 5 2 4 8	5 1 6 0	5 3 6 9 4 2
Kromosom 12	1 0 6 9	5 7 2 4 3 9	7 0 6	2 0 7 6 1 9
Kromosom 13	0 1 9 3	1 8 4	3 8 2 1	8 2 9 1 6 3
Kromosom 14	3 9 2 8	1 9 0 4 5	2 3 7 9	2 4 3 5 1
Kromosom 15	8 2 5	4 1 5 6 2	3 2 6 0 9 8	3 1 5
Kromosom 16	3 1 2 7 5 0	3 4 8 0 2	8 6 0 4	1 0 4
Kromosom 17	8 7 6 5	4 6 3 0 5 8	3 0 4	5 6 9
Kromosom 18	6 2 8 9	0 4 3 5 8	4 9 1	4 6 7 2 1
Kromosom 19	0 7 3	1 4 2 6 8 5	7 8 4 9 2	2 4 8
Kromosom 20	8 6 3 7	6 7 4	4 5 9 8	6 0 3 2

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mempublikasikan dan memberikan hak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

2. Hitung nilai *fitness*

Setelah di dapatkan populasi dengan membangkitkan 20 kromosom, tahap selanjutnya adalah menghitung nilai *fitness* dari tiap-tiap kromosom yang terbentuk menggunakan rumus 2.1. Berdasarkan hasil perhitungan nilai *fitness* dari masin-masing kromosom adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 f_1 &= [9\ 5\ 7\ 8] + [1\ 0\ 8\ 9\ 2] + [3\ 5\ 9\ 6] + [7\ 6\ 3\ 8\ 4] \\
 &= [0,662 + 1000 + 1000 + 1,245] + [2,808 + 1000 + 1000 + 1000 + 4,273] + [0,902 + 0,484 + 1000 + 1,177] + [0,673 + 1,177 + 0,331 + 1,328 + 0,768] \\
 &= [2001,907] + [3007,513] + [1002,563] + [4,277] \\
 &= 6016,260
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

Perhitungan nilai *fitness* untuk seluruh populasi dapat di lihat pada tabel 4.4

Tabel 4.4 Kalkulasi Nilai *Fitness*

No	Kromosom				Total delay (milliseconds) $f_i = \sum_{j=1}^n r_j$
	Subring 1	Subring 2	Subring 3	Subring 4	
K[1]	9 5 7 8	1 0 8 9 2	3 5 9 6	7 6 3 8 4	6016,260
K[2]	9 0 1	8 4 0	0 5 4 2 9	8 7 3 0 4 9	12008,171
K[3]	5 4 8	7 9 2 1 6	6 3 1	4 0 1 9	9007,592
K[4]	8 3 6 0 9 1	9 0 7 3	9 8 1 6	2 1 4	10010,472
K[5]	5 8 2 9 4	8 0 6 2	2 9 3 0 4	6 7 4	11007,195
K[6]	6 5 9 4	0 7 9	4 3 9 0 7	5 1 8 7 2 4	10009,412
K[7]	2 5 3 1	1 6 3 7 8	4 9 1	6 5 7 4 9	12007,462
K[8]	2 0 5 1	1 9 7	4 2 7 1	5 2 9 0 4	9013,047
K[9]	8 6 5	0 8 1 7	8 0 1 4	8 3 6	7011,173
K[10]	7 3 5	1 3 9 8 7	4 0 8 1	7 0 4 9 2	11008,954
K[11]	5 6 9	7 5 2 4 8	5 1 6 0	5 3 6 4	8008,725
K[12]	1 0 6 9	5 7 2 4 3 9	7 0 6	2 0 1	7016,431

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mempublikasikan dan memberikan hak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

No	Kromosom				Total delay (milliseconds) $f_i = \sum_{r=1}^n r$
	Subring 1	Subring 2	Subring 3	Subring 4	
K[13]	0 1 9 3	1 8 4	3 8 2 1	8 2 9 1 6 3	10006,041
K[14]	3 9 2 8	1 9 0 4 5	2 3 7 9	2 4 3 5 1	10008,468
K[15]	8 2 5	4 1 5 6 2	3 2 6 0 9 8	3 1 5	10009,645
K[16]	3 1 2 7 5 0	3 4 8 0 2	8 6 0 4	1 0 4	10009,328
K[17]	8 7 6 5	4 6 3 0 5 8	3 0 4	5 6 9	11005,26
K[18]	6 2 8 9	0 4 3 5 8	4 9 1	4 6 7 2 1	10011,524
K[19]	0 7 3	1 4 2 6 8 5	7 8 4 9 2	2 4 1	8012,5
K[20]	8 6 3 7	6 7 4	4 5 9 8	6 0 3 2	6011,209

3. Perbaikan populasi

Setelah populasi terbentuk dan nilai *fitness* didapatkan, terdapat node yang tidak terhubung satu dengan lainnya, ini ditandai dengan nilai *fitness* diatas 1000. Untuk menghindari *node* yang tidak terhubung maka dilakukan perbaikan dengan menerapkan algoritma *repair*. Populasi yang telah dilakukan proses *repair* akan dilakukan penghitungan nilai *fitness* kembali untuk memastikan *node* tersebut sudah terkoneksi seluruhnya. Perhitungan nilai *fitness* menggunakan persamaan 2.1. Berikut merupakan perhitungan nilai *fitness* setelah dilakukan proses *repair*.

$$\begin{aligned}
 f_1 &= [3\ 6\ 8\ 9] + [2\ 1\ 4\ 6\ 7] + [0\ 1\ 5\ 4\ 2] + [7\ 6\ 3\ 8\ 4] \\
 &= [1,250 + 1,914 + 1,245 + 0,256] + [0,967 + 2,811 + \\
 &\quad 1,420 + 1,419 + 1,194] + [2,308 + 2,186 + 0,668 + \\
 &\quad 1,644 + 4,237] + [0,673 + 1,177 + 0,331 + 1,328 + \\
 &\quad 0,768] \\
 &= [4,665] + [7,811] + [11,673] + [4,277] \\
 &= 28,340
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mempublikasikan dan memberikan hak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Nilai fitness untuk seluruh populasi setelah dilakukan *repair* dapat di lihat pada tabel 4.5.

Tabel 4.5 Perbaikan Populasi

No	Kromosom				Total delay (f) $f_i = \sum_{r=1}^n r$
	Subring 1	Subring 2	Subring 3	Subring 4	
K[1]	3 6 8 9	2 1 4 6 7	0 1 5 4 2	7 6 3 8 4	28,340
K[2]	1 4 2	3 8 9	5 4 6 7 2 1	9 3 6 8	20,456
K[3]	4 5 9 8	9 5 4 6 8	2 1 4 6 7	4 1 0 2 7 6	25,787
K[4]	2 7 4 5 1	6 4 1 2 7	4 5 1 2	2 1 4	20,25
K[5]	9 3 5	3 6 8 9	0 2 7 6 4 1	6 7 4	17,78
K[6]	8 6 3 9	5 4 2 0 1	4 8 9 5	5 1 4 6 3 9	26,246
K[7]	3 8 6	6 7 4 5 9 8	3 8 6 4 5 9	4 1 2 7	18,502
K[8]	2 4 5 1	1 5 9 3 6 4	6 4 2 7	5 1 0 2 7 4	23,597
K[9]	5 9 3	5 9 8 6 4	2 1 5 4 6 7	1 0 2 7 4	22,276
K[10]	9 5 3	1 0 2	6 7 4 5 9 8	0 2 7 4 1	21,429
K[11]	5 1 4	4 2 7	3 6 8 9	5 3 6 4	18,348
K[12]	1 4 7 2 0	7 6 4	0 2 1	2 0 1	26,543
K[13]	9 3 6 8	3 6 7 4 5 9	1 5 4 7 2	6 4 8	20,136
K[14]	2 4 7	2 1 5 4 7	9 3 6 8	3 8 9 5 4 6	19,319
K[15]	8 6 4 5 9	0 2 7 4 1	5 4 1	2 1 4 6 7	23,391
K[16]	3 8 9	2 1 5 4	7 2 4	2 7 6 4 5 1	17,02
K[17]	7 2 4 6	4 5 9 3 6	5 1 0 2 4	4 6 8 9 5	23,363
K[18]	8 6 4 5 9	0 2 7 4 5 1	1 2 7 6 4 5	4 6 7 2 1	28,172
K[19]	3 6 4 5 9	2 7 4 5 1	1 2 4	2 4 1	16,325
K[20]	7 2 1 4	6 7 4	4 5 9 8	5 1 0 2 4	21,822

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mempublikasikan dan memberikan hak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

4. Evaluasi

Setelah semua kromosom terbentuk dan saling terhubung satu dengan lainnya, tahap selanjutnya adalah evaluasi. Pada tahap ini akan dilakukan pencarian kromosom dengan nilai *fitness* paling minimal yang nantinya akan digunakan pada tahap seleksi untuk penentuan *parent* yang akan dilakukan *crossover*. Proses evaluasi menggunakan persamaan 2.2. Berikut merupakan tabel evaluasi kromosom:

Tabel 4.6 Evaluasi

No	Kromosom				Total delay (milliseconds)
	<i>Subring 1</i>	<i>Subring 2</i>	<i>Subring 3</i>	<i>Subring 4</i>	$f_i = \sum_1^n r$
K[19]	3 6 4 5 9	2 7 4 5 1	1 2 4	2 4 1	16,325
K[16]	3 8 9	2 1 5 4	7 2 4	2 7 6 4 5 1	17,02
K[5]	9 3 5	3 6 8 9	0 2 7 6 4 1	6 7 4	17,78
K[11]	5 1 4	4 2 7	3 6 8 9	5 3 6 4	18,348
K[7]	3 8 6	6 7 4 5 9 8	3 8 6 4 5 9	4 1 2 7	18,502
K[14]	2 4 7	2 1 5 4 7	9 3 6 8	3 8 9 5 4 6	19,319
K[13]	9 3 6 8	3 6 7 4 5 9	1 5 4 7 2	6 4 8	20,136
K[4]	2 7 4 5 1	6 4 1 2 7	4 5 1 2	2 1 4	20,25
K[2]	1 4 2	3 8 9	5 4 6 7 2 1	9 3 6 8	20,456
K[10]	9 5 3	1 0 2	6 7 4 5 9 8	0 2 7 4 1	21,429
K[20]	7 2 1 4	6 7 4	4 5 9 8	5 1 0 2 4	21,822
K[9]	5 9 3	5 9 8 6 4	2 1 5 4 6 7	1 0 2 7 4	22,276
K[17]	7 2 4 6	4 5 9 3 6	5 1 0 2 4	4 6 8 9 5	23,363
K[15]	8 6 4 5 9	0 2 7 4 1	5 4 1	2 1 4 6 7	23,391
K[8]	2 4 5 1	1 5 9 3 6 4	6 4 2 7	5 1 0 2 7 4	23,597
K[3]	4 5 9 8	9 5 4 6 8	2 1 4 6 7	4 1 0 2 7 6	25,787
K[6]	8 6 3 9	5 4 2 0 1	4 8 9 5	5 1 4 6 3 9	26,246

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mempublikasikan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

No	Kromosom				Total delay (milliseconds) $f_i = \sum_{r=1}^n r$
	Subring 1	Subring 2	Subring 3	Subring 4	
K[19]	3 6 4 5 9	2 7 4 5 1	1 2 4	2 4 1	16,325
K[12]	1 4 7 2 0	7 6 4	0 2 1	2 0 1	26,543
K[1]	3 6 8 9	2 1 4 6 7	0 1 5 4 2	7 6 3 8 4	26,555
K[18]	8 6 4 5 9	0 2 7 4 5 1	1 2 7 6 4 5	4 6 7 2 1	28,172

5. Seleksi

Setelah dilakukan proses evaluasi dari masing-masing kromosom, tahapan selanjutnya adalah melakukan seleksi terhadap kromosom berdasarkan nilai *fitness* terbaik. Pada proses seleksi ini seluruh populasi akan dipertahankan sesuai persamaan 2.3 dan kromosom terbaik dipilih berdasarkan proses pemeringkatan mulai dari nilai *fitness* yang paling kecil hingga nilai *fitness* yang paling besar.

Berkut merupakan hasil seleksi menggunakan *ranking secetion*.

Tabel 4.7 Seleksi

No	Kromosom			
	Subring 1	Subring 2	Subring 3	Subring 4
K[19]	3 6 4 5 9	2 7 4 5 1	1 2 4	2 4 1
K[16]	3 8 9	2 1 5 4	7 2 4	2 7 6 4 5 1
K[5]	9 3 5	3 6 8 9	0 2 7 6 4 1	6 7 4
K[11]	5 1 4	4 2 7	3 6 8 9	5 3 6 4
K[7]	3 8 6	6 7 4 5 9 8	3 8 6 4 5 9	4 1 2 7
K[14]	2 4 7	2 1 5 4 7	9 3 6 8	3 8 9 5 4 6
K[13]	9 3 6 8	3 6 7 4 5 9	1 5 4 7 2	6 4 8
K[4]	2 7 4 5 1	6 4 1 2 7	4 5 1 2	2 1 4
K[2]	1 4 2	3 8 9	5 4 6 7 2 1	9 3 6 8
K[10]	9 5 3	1 0 2	6 7 4 5 9 8	0 2 7 4 1

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang meminumkan dan memberbanak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apaun tanpa izin UIN Suska Riau.

No	Kromosom			
	Subring 1	Subring 2	Subring 3	Subring 4
K[20]	7 2 1 4	6 7 4	4 5 9 8	5 1 0 2 4
K[9]	5 9 3	5 9 8 6 4	2 1 5 4 6 7	1 0 2 7 4
K[17]	7 2 4 6	4 5 9 3 6	5 1 0 2 4	4 6 8 9 5
K[15]	8 6 4 5 9	0 2 7 4 1	5 4 1	2 1 4 6 7
K[8]	2 4 5 1	1 5 9 3 6 4	6 4 2 7	5 1 0 2 7 4
K[3]	4 5 9 8	9 5 4 6 8	2 1 4 6 7	4 1 0 2 7 6
K[6]	8 6 3 9	5 4 2 0 1	4 8 9 5	5 1 4 6 3 9
K[12]	1 4 7 2 0	7 6 4	0 2 1	2 0 1
K[1]	3 6 8 9	2 1 4 6 7	0 1 5 4 2	7 6 3 8 4
K[18]	8 6 4 5 9	0 2 7 4 5 1	1 2 7 6 4 5	4 6 7 2 1

6. *Crossover*

Pada proses crossover, metode yang digunakan adalah dengan melakukan *ring swapping* pada individu terpilih. Metode ini dilakukan dengan cara menukarkan bagian subring yang terdapat pada induk pertama dengan bagian subring pada induk kedua. Seperti ketentuan yang telah ditetapkan sebelumnya, probabilitas *crossover* (P_c) yang akan dipakai adalah (0.7). Untuk pencarian indukan pada proses *crossover*, maka akan dibangkitkan bilangan random antara [0,1] pada masing-masing kromosom, indukan yang terpilih adalah indukan yang nilai $R[n]$ lebih kecil dari P_c .

Berikut adalah proses crossover pada populasi yang telah dibangkitkan

Tabel 4.8 Pembangkitan P_c 0,7 Pada Kromosom

Kromosom	R	Bilangan Acak
K[19]	R[1]	0,697
K[16]	R[2]	0,836
K[5]	R[3]	0,053
K[11]	R[4]	0,698
K[7]	R[5]	0,812
K[14]	R[6]	0,194

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang menaunkumkan dan memberbanvak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Kromosom	R	Bilangan Acak
K[13]	R[7]	0,562
K[4]	R[8]	0,520
K[2]	R[9]	0,397
K[10]	R[10]	0,974
K[20]	R[11]	0,573
K[9]	R[12]	0,692
K[17]	R[13]	0,168
K[15]	R[14]	0,385
K[8]	R[15]	0,474
K[3]	R[16]	0,347
K[6]	R[17]	0,407
K[12]	R[18]	0,473
K[1]	R[19]	0,219
K[18]	R[20]	0,361

Maka akan didapatkan hasil dari pencarian indukan dengan crossover $R[n]$ < $P[c]$ pada populasi dengan p_c sebesar 0.7 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.9 Penentuan Kromosom Terpilih

Kromosom	$R[n]$	P_c	Hasil
K[19]	0,697	0,7	Ya
K[16]	0,836	0,7	Tidak
K[5]	0,053	0,7	Ya
K[11]	0,698	0,7	Ya
K[7]	0,812	0,7	Tidak
K[14]	0,194	0,7	Ya
K[13]	0,562	0,7	Ya
K[4]	0,520	0,7	Ya
K[2]	0,397	0,7	Ya
K[10]	0,974	0,7	Tidak
K[20]	0,573	0,7	Ya

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang meminumkan dan memberanvayk sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Kromosom	R[n]	Pc	Hasil
K[9]	0,692	0,7	Ya
K[17]	0,168	0,7	Ya
K[15]	0,385	0,7	Ya
K[8]	0,474	0,7	Ya
K[3]	0,347	0,7	Ya
K[6]	0,407	0,7	Ya
K[12]	0,473	0,7	Ya
K[1]	0,219	0,7	Ya
K[18]	0,361	0,7	Ya

Dari hasil pencarian diatas didapatkan 17 kromosom yang akan digunakan sebagai induk untuk proses *crossover*. Kromosom yang terpilih adalah K[19], K[5], K[11], K[14], K[13], K[4], K[2], K[20], K[9], K[17], K[15], K[8], K[3], K[6], K[12], K[1], K[18]. Selanjutnya lakukan proses *crossover* terhadap kromosom diatas seperti berikut:

Tabel 4.10 Parent 1, Parent 2

Parent 1	Parent 2
Kromosom [19]	Kromosom [5]
Kromosom [11]	Kromosom [14]
Kromosom [13]	Kromosom [4]
Kromosom [2]	Kromosom [20]
Kromosom [9]	Kromosom [17]
Kromosom [15]	Kromosom [8]
Kromosom [3]	Kromosom [6]
Kromosom [12]	Kromosom [1]
Kromosom [18]	Kromosom [19]

Setelah indukan dipilih maka tahap selanjutnya adalah melakukan proses penyilangan. Tahap pertama dari proses penyilangan adalah dengan melakukan penyimpanan *subring* dari kedua *parent* kedalam satu *temporary pool*, setelah seluruh substring dari kedua *parent* disimpan kedalam *temporary pool* selanjutnya lakukan ring swab dari kedua *parent* tadi, proses penyilangan lebih rinci dapat dilihat pada Tabel 4.11 berikut:

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang meminumkan dan memberikan sebagai bagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 4.11 Proses Crossover

Parent 1	Parent 2	Temporary Pool	Child 1	Child 2
[3 6 4 5 9] [2 7 4 5 1] [1 2 4] [2 4 1]	[9 3 5] [3 6 8 9] [0 2 7 6 4 1] [6 7 4]	[3 6 4 5 9] [2 7 4 5 1] [1 2 4] [2 4 1] [9 3 5] [3 6 8 9] [0 2 7 6 4 1] [6 7 4]	[3 6 4 5 9] [2 7 4 5 1] [0 2 7 6 4 1] [6 7 4]	[9 3 5] [3 6 8 9] [1 2 4] [2 4 1]
[5 1 4] [4 2 7] [3 6 8 9] [5 3 6 4]	[2 4 7] [2 1 5 4 7] [9 3 6 8] [3 8 9 5 4 6]	[5 1 4] [4 2 7] [3 6 8 9] [5 3 6 4] [2 4 7] [2 1 5 4 7] [9 3 6 8] [3 8 9 5 4 6]	[5 1 4] [4 2 7] [9 3 6 8] [3 8 9 5 4 6]	[2 4 7] [2 1 5 4 7] [3 6 8 9] [5 3 6 4]
[9 3 6 8] [3 6 7 4 5 9] [1 5 4 7 2] [6 4 8]	[2 7 4 5 1] [6 4 1 2 7] [4 5 1 2] [2 1 4]	[9 3 6 8] [3 6 7 4 5 9] [1 5 4 7 2] [6 4 8] [2 7 4 5 1] [6 4 1 2 7] [4 5 1 2] [2 1 4]	[9 3 6 8] [3 6 7 4 5 9] [4 5 1 2] [2 1 4]	[2 7 4 5 1] [6 4 1 2 7] [1 5 4 7 2] [6 4 8]
[1 4 2] [3 8 6] [5 4 6 7 2 1] [9 3 6 8]	[7 2 1 4] [6 7 4] [4 5 9 8] [5 1 0 2 4]	[1 4 2] [3 8 6] [5 4 6 7 2 1] [9 3 6 8] [7 2 1 4] [6 7 4] [4 5 9 8] [5 1 0 2 4]	[1 4 2] [3 8 6] [4 5 9 8] [5 1 0 2 4]	[7 2 1 4] [6 7 4] [5 4 6 7 2 1] [9 3 6 8]
[5 9 3] [5 9 8 6 4] [2 1 5 4 6 7] [1 0 2 7 4]	[7 2 4 6] [4 5 9 3 6] [5 1 0 2 4] [4 6 8 9 5]	[5 9 3] [5 9 8 6 4] [2 1 5 4 6 7] [1 0 2 7 4] [7 2 4 6] [4 5 9 3 6] [5 1 0 2 4] [4 6 8 9 5]	[5 9 3] [5 9 8 6 4] [5 1 0 2 4] [4 6 8 9 5]	[7 2 4 6] [4 5 9 3 6] [2 1 5 4 6 7] [1 0 2 7 4]
[8 6 4 5 9]	[2 4 5 1]	[8 6 4 5 9]	[8 6 4 5 9]	[2 4 5 1]

**Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang**

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang menaikkan dan memberikan hak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Parent 1	Parent 2	Temporary Pool	Child 1	Child 2
[0 2 7 4 1] [5 4 1] [2 1 4 6 7]	[1 5 9 3 6 4] [6 4 2 7] [5 1 0 2 7 4]	[0 2 7 4 1] [5 4 1] [2 1 4 6 7] [2 4 5 1] [1 5 9 3 6 4] [6 4 2 7] [5 1 0 2 7 4]	[0 2 7 4 1] [6 4 2 7] [5 1 0 2 7 4]	[1 5 9 3 6 4] [5 4 1] [2 1 4 6 7]
[4 5 9 8] [9 5 4 6 8] [2 1 4 6 7] [4 1 0 2 7 6]	[8 6 3 9] [5 4 2 0 1] [4 8 9 5] [5 1 4 6 3 9]	[4 5 9 8] [9 5 4 6 8] [2 1 4 6 7] [4 1 0 2 7 6] [8 6 3 9] [5 4 2 0 1] [4 8 9 5] [5 1 4 6 3 9]	[4 5 9 8] [9 5 4 6 8] [4 8 9 5] [5 1 4 6 3 9]	[8 6 3 9] [5 4 2 0 1] [2 1 4 6 7] [4 1 0 2 7 6]
[1 4 7 2 0] [7 6 4] [0 2 1] [2 1 0]	[3 6 8 9] [2 1 4 6 7] [0 1 5 4 2] [7 6 3 8 4]	[1 4 7 2 0] [7 6 4] [0 2 1] [2 1 0] [3 6 8 9] [2 1 4 6 7] [0 1 5 4 2] [7 6 3 8 4]	[1 4 7 2 0] [7 6 4] [0 1 5 4 2] [7 6 3 8 4]	[3 6 8 9] [2 1 4 6 7] [0 2 1] [2 1 0]
[8 6 4 5 9] [0 2 7 4 5 1] [1 2 7 6 4 5] [4 6 7 2 1]	[3 6 4 5 9] [2 7 4 5 1] [1 2 4] [2 4 1]	[8 6 4 5 9] [0 2 7 4 5 1] [1 2 7 6 4 5] [4 6 7 2 1] [3 6 4 5 9] [2 7 4 5 1] [1 2 4] [2 4 1]	[8 6 4 5 9] [0 2 7 4 5 1] [1 2 4] [2 4 1]	[3 6 4 5 9] [2 7 4 5 1] [1 2 7 6 4 5] [4 6 7 2 1]

Mutasi

Proses mutasi yang digunakan menggunakan tiga jenis mutasi, yaitu *ring merging*, *ring splitting*, dan *ring resizing*. Kromosom yang akan dilakukan proses mutasi ditentukan berdasarkan nilai probabilitas mutasinya (pm).

Ring Merging

Mutasi pada tahap ini dilakukan dengan membangkitkan bilangan acak antara 0-1 pada setiap kromosom, kromosom yang terpilih untuk dilakukan mutasi adalah kromosom yang nilai pm-nya lebih kecil dari pada $prn(0,3)$. Selanjutnya

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang meminumkan dan memberikan sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

akan dibangkitkan bilangan acak 1-4 untuk menentukan sub ring yang akan dilakukan merging pada kromosom yang akan dimutasi.

Berikut merupakan kromosom yang akan dilakukan mutasi:

Tabel 4.12 Pemilihan Kromosom Mutasi

No	PRM (<i>Probabilty Ring Merging</i>)	PM	Mutasi	Sub Ring
C[1]	0,3	0,546	Tidak	-
C[2]	0,3	0,954	Tidak	-
C[3]	0,3	0,952	Tidak	-
C[4]	0,3	0,160	Ya	[2,4]
C[5]	0,3	0,731	Tidak	-
C[6]	0,3	0,769	Tidak	-
C[7]	0,3	0,403	Tidak	-
C[8]	0,3	0,075	Ya	[3,1]
C[9]	0,3	0,973	Tidak	-
C[10]	0,3	0,991	Tidak	-
C[11]	0,3	0,070	Ya	[2,1]
C[12]	0,3	0,822	Tidak	-
C[13]	0,3	0,013	Ya	[1,3]
C[14]	0,3	0,392	Tidak	-
C[15]	0,3	0,532	Tidak	-
C[16]	0,3	0,951	Tidak	-
C[17]	0,3	0,380	Tidak	-
C[18]	0,3	0,562	Tidak	-
C[19]	0,3	0,482	Tidak	-
C[20]	0,3	0,566	Tidak	-

Dari hasil pencarian diatas didapatkan 4 kromosom yang akan dilakukan proses mutasi dengan menggunakn *ring merging* yaitu C[4] pada subring ke 2 dan 4, C[8] pada subring ke 1 dan 3, C[11] pada subring ke 1 dan 2, C[3] pada subring ke 1 dan 3. Setelah kromosom yang akan dimutasi ditentukan selanjutnya adalah tahap mutasi menggunakan *ring merging*. Pada mutasi ini gen yang terpilih pada kromosom yang akan dimutasi akan digabungkan menjadi satu subring. Berikut merupakan hasil mutasi dari *ring merging*.

Tabel 4.13 Ring Merging

No	Kromosom Awal	Kromosom Setelah Mutasi
C[1]	[3 6 4 5 9] [2 7 4 5 1] [0 2 7 6 4 1]	[3 6 4 5 9] [2 7 4 5 1] [0 2 7 6 4 1]



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang meminumumkan dan memberikan hak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

No	Kromosom Awal	Kromosom Setelah Mutasi
C[2]	[6 7 4] [9 3 5] [3 6 8 9] [1 2 4] [2 1 4]	[6 7 4] [9 3 5] [3 6 8 9] [1 2 4] [2 1 4]
C[3]	[5 1 4] [4 2 7] [9 3 6 8] [3 8 9 5 4 6]	[5 1 4] [4 2 7] [9 3 6 8] [3 8 9 5 4 6]
C[4]	[2 4 7] [2 1 5 4 7] [3 6 8 9] [5 3 6 4]	[2 4 7] [3 6 8 9] [2 1 5 3 6 4 7]
C[5]	[9 3 6 8] [3 6 7 4 5 9] [4 5 1 2] [2 1 4]	[9 3 6 8] [3 6 7 4 5 9] [4 5 1 2] [2 1 4]
C[6]	[2 7 4 5 1] [6 4 1 2 7] [1 5 4 7 2] [6 4 8 0]	[2 7 4 5 1] [6 4 1 2 7] [1 5 4 7 2] [6 4 8 0]
C[7]	[1 4 2 0] [3 8 6 0] [4 5 9 8] [5 1 0 2 4]	[1 4 2 0] [3 8 6 0] [4 5 9 8] [5 1 0 2 4]
C[8]	[7 2 1 4] [6 7 4] [5 4 6 7 2 1] [9 3 6 8]	[6 7 4] [9 3 6 8] [5 4 6 7 2 1]
C[9]	[5 9 3] [5 9 8 6 4] [5 1 0 2 4] [4 6 8 9 5]	[5 9 3] [5 9 8 6 4] [5 1 0 2 4] [4 6 8 9 5]
C[10]	[7 2 4 6] [4 5 9 3 6] [2 1 5 4 6 7] [1 0 2 7 4]	[7 2 4 6] [4 5 9 3 6] [2 1 5 4 6 7] [1 0 2 7 4]
C[11]	[8 6 4 5 9] [0 2 7 4 1] [6 4 2 7] [5 1 0 2 7 4]	[6 4 2 7] [5 1 0 2 7 4] [8 6 4 7 2 0 1 5 9]
C[12]	[2 4 5 1] [1 5 9 3 6 4] [5 4 1] [2 1 4 6 7]	[2 4 5 1] [1 5 9 3 6 4] [5 4 1] [2 1 4 6 7]

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang meminumkan dan memberikan hak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

No	Kromosom Awal	Kromosom Setelah Mutasi
C ^[13]	[4 5 9 8] [9 5 4 6 8] [4 8 9 5] [5 1 4 5 6 3 9]	[9 5 4 6 8] [5 1 4 6 3 9] [4 5 9 8]
C ^[14]	[8 6 3 9] [5 4 2 0 1] [2 1 4 6 7] [4 1 0 2 7 6]	[8 6 3 9] [5 4 2 0 1] [2 1 4 6 7] [4 1 0 2 7 6]
C ^[15]	[1 4 7 2] [7 6 4] [0 1 5 4 2] [7 6 3 8 4]	[1 4 7 2] [7 6 4] [0 1 5 4 2] [7 6 3 8 4]
C ^[16]	[3 6 8 9] [2 1 4 6 7] [0 2 1] [2 0 1]	[3 6 8 9] [2 1 4 6 7] [0 2 1] [2 0 1]
C ^[17]	[8 6 4 5 9] [0 2 7 4 5 1] [1 2 4] [2 4 1]	[8 6 4 5 9] [0 2 7 4 5 1] [1 2 4] [2 4 1]
C ^[18]	[3 8 9] [2 1 5 4] [7 2 4 0] [2 7 6 4 5 1]	[3 8 9] [2 1 5 4] [7 2 4 0] [2 7 6 4 5 1]
C ^[19]	[3 8 6] [6 7 4 5 9 8] [3 8 6 4 5 9] [4 1 2 7]	[3 8 6] [6 7 4 5 9 8] [3 8 6 4 5 9] [4 1 2 7]
C ^[20]	[9 5 3] [1 0 2] [6 7 4 5 9 8] [0 2 7 4 1]	[9 5 3] [1 0 2] [6 7 4 5 9 8] [0 2 7 4 1]

Ring Splitting

Mutasi pada tahap ini dilakukan dengan membangkitkan bilangan acak antara 0-1 pada setiap kromosom, kromosom yang terpilih untuk dilakukan mutasi adalah kromosom yang nilai PM-nya lebih kecil dari pada PRS(0,3) dan jumlah node yang terdapat dalam satu *subring* lebih besar dari 3 node. Selanjutnya tentukan nilai U dengan melakukan pembangkitan nilai secara acak dimana $U \in \{1, \dots, n - 3\}$, selanjutnya putuskan koneksi dengan menghapus node ke U+1 pada *ring* lalu

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang meminumkan dan memberikan hak sebagai bagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

sambungkan antara 2 node yang tidak terhubung sebelumnya ke U untuk membentuk *ring* baru.

Berikut merupakan kromosom yang akan dilakukan mutasi:

Tabel 4.14 Pemilihan Kromosom Yang Akan di *Splitting*

No	Kromosom Awal	PRS	PM	Mutasi	U
C[1]	[3 6 4 5 9]	0,3	0,629	Tidak	-
	[2 7 4 5 1]	0,3	0,149	Ya	1
	[0 2 7 6 4 1]	0,3	0,639	Tidak	-
	[6 7 4]	0,3	0,917	Tidak	-
C[2]	[9 3 5]	0,3	0,896	Tidak	-
	[3 6 8 9]	0,3	0,858	Tidak	-
	[1 2 4]	0,3	0,981	Tidak	-
	[2 1 4]	0,3	0,940	Tidak	-
C[3]	[5 1 4]	0,3	0,635	Tidak	-
	[4 2 7]	0,3	0,002	Tidak	-
	[9 3 6 8]	0,3	0,367	Tidak	-
	[3 8 9 5 4 6]	0,3	0,929	Tidak	-
C[4]	[2 4 7]	0,3	0,504	Tidak	-
	[3 6 8 9]	0,3	0,718	Tidak	-
	[2 1 5 3 6 4 7]	0,3	0,027	Ya	3
C[5]	[9 3 6 8]	0,3	0,402	Tidak	-
	[3 6 7 4 5 9]	0,3	0,197	Ya	1
	[4 5 1 2]	0,3	0,839	Tidak	-
	[2 1 4]	0,3	0,500	Tidak	-
C[6]	[2 7 4 5 1]	0,3	0,893	Tidak	-
	[6 4 1 2 7]	0,3	0,316	Tidak	-
	[1 5 4 7 2]	0,3	0,604	Tidak	-
	[6 4 8 0]	0,3	0,982	Tidak	-
C[7]	[1 4 2 0]	0,3	0,694	Tidak	-
	[3 8 6 0]	0,3	0,665	Tidak	-
	[4 5 9 8]	0,3	0,878	Tidak	-
	[5 1 0 2 4]	0,3	0,994	Tidak	-
C[8]	[6 7 4]	0,3	0,936	Tidak	-
	[9 3 6 8]	0,3	0,252	Ya	1
	[5 4 6 7 2 1]	0,3	0,087	Tidak	-
C[9]	[5 9 3]	0,3	0,406	Tidak	-
	[5 9 8 6 4]	0,3	0,517	Tidak	-
	[5 1 0 2 4]	0,3	0,669	Tidak	-
	[4 6 8 9 5]	0,3	0,595	Tidak	-
C[10]	[7 2 4 6]	0,3	0,083	Ya	1
	[4 5 9 3 6]	0,3	0,680	Tidak	-
	[2 1 5 4 6 7]	0,3	0,077	Ya	2



No	Kromosom Awal	PRS	PM	Mutasi	U
C[11]	[1 0 2 7 4]	0,3	0,824	Tidak	-
	[6 4 2 7]	0,3	0,273	Ya	1
	[5 1 0 2 7 4]	0,3	0,387	Tidak	-
	[8 6 4 7 2 0 1 5 9]	0,3	0,057	Ya	2
C[12]	[2 4 5 1]	0,3	0,995	Tidak	-
	[1 5 9 3 6 4]	0,3	0,464	Tidak	-
	[5 4 1]	0,3	0,957	Tidak	-
	[2 1 4 6 7]	0,3	0,784	Tidak	-
C[13]	[9 5 4 6 8]	0,3	0,733	Tidak	-
	[5 1 4 6 3 9]	0,3	0,263	Ya	1
	[4 5 9 8]	0,3	0,568	Tidak	-
C[14]	[8 6 3 9]	0,3	0,648	Tidak	-
	[5 4 2 0 1]	0,3	0,570	Tidak	-
	[2 1 4 6 7]	0,3	0,180	Ya	2
	[4 1 0 2 7 6]	0,3	0,028	Ya	3
C[15]	[1 4 7 2]	0,3	0,245	Ya	1
	[7 6 4]	0,3	0,780	Tidak	-
	[0 1 5 4 2]	0,3	0,579	Tidak	-
	[7 6 3 8 4]	0,3	0,418	Tidak	-
C[16]	[3 6 8 9]	0,3	0,165	Ya	1
	[2 1 4 6 7]	0,3	0,115	Ya	2
	[0 2 1]	0,3	0,046	Tidak	-
	[2 0 1]	0,3	0,566	Tidak	-
C[17]	[8 6 4 5 9]	0,3	0,022	Ya	2
	[0 2 7 4 5 1]	0,3	0,235	Ya	3
	[1 2 4]	0,3	0,425	Tidak	-
	[2 4 1]	0,3	0,345	Tidak	-
C[18]	[3 8 9]	0,3	0,855	Tidak	-
	[2 1 5 4]	0,3	0,939	Tidak	-
	[7 2 4 0]	0,3	0,698	Tidak	-
	[2 7 6 4 5 1]	0,3	0,745	Tidak	-
C[19]	[3 8 6]	0,3	0,074	Tidak	-
	[6 7 4 5 9 8]	0,3	0,498	Tidak	-
	[3 8 6 4 5 9]	0,3	0,826	Tidak	-
	[4 1 2 7]	0,3	0,416	Tidak	-
C[20]	[9 5 3]	0,3	0,180	Tidak	-
	[1 0 2]	0,3	0,004	Tidak	-
	[6 7 4 5 9 8]	0,3	0,246	Ya	1
	[0 2 7 4 1]	0,3	0,408	Tidak	-

Setelah kromosom yang akan dimutasi ditentukan selanjutnya adalah tahap mutasi menggunakan *ring splitting*. Pada mutasi ini gen yang terpilih pada kromosom yang akan dimutasi akan digabungkan menjadi satu subring. Berikut



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang menaqqumkan dan memberikan sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

merupakan hasil mutasi dari *ring splitting*. Kromosom awal yang digunakan merupakan kromosom hasil mutasi menggunakan ring merging sebelumnya.

Label 4.15 Ring Splitting

No	Kromosom Awal	Kromosom Setelah Mutasi
[1]	[3 6 4 5 9]	[3 6 4 5 9]
	[2 7 4 5 1]	[2 7 4 5 1]
	[0 2 7 6 4 1]	[0 2 7 6 4 1]
	[6 7 4]	[6 7 4]
		[2 4 5 1]
[2]	[9 3 5]	[9 3 5]
	[3 6 8 9]	[3 6 8 9]
	[1 2 4]	[1 2 4]
	[2 1 4]	[2 1 4]
[3]	[5 1 4]	[5 1 4]
	[4 2 7]	[4 2 7]
	[9 3 6 8]	[9 3 6 8]
	[3 8 9 5 4 6]	[3 8 9 5 4 6]
[4]	[2 4 7]	[2 4 7]
	[3 6 8 9]	[3 6 8 9]
	[2 1 5 3 6 4 7]	[2 1 5 3 6 4 7]
		[2 1 5 6 4 7]
[5]	[9 3 6 8]	[9 3 6 8]
	[3 6 7 4 5 9]	[3 6 7 4 5 9]
	[4 5 1 2]	[4 5 1 2]
	[2 1 4]	[2 1 4]
		[3 7 4 5 9]
[6]	[2 7 4 5 1]	[2 7 4 5 1]
	[6 4 1 2 7]	[6 4 1 2 7]
	[1 5 4 7 2]	[1 5 4 7 2]
	[6 4 8 0]	[6 4 8 0]
[7]	[1 4 2 0]	[1 4 2 0]
	[3 8 6 0]	[3 8 6 0]
	[4 5 9 8]	[4 5 9 8]
	[5 1 0 2 4]	[5 1 0 2 4]
[8]	[6 7 4]	[6 7 4]
	[9 3 6 8]	[9 3 6 8]
	[5 4 6 7 2 1]	[5 4 6 7 2 1]
		[9 6 8]
[9]	[5 9 3]	[5 9 3]
	[5 9 8 6 4]	[5 9 8 6 4]
	[5 1 0 2 4]	[5 1 0 2 4]
	[4 6 8 9 5]	[4 6 8 9 5]



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang meminumkan dan memberbanak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

No	Kromosom Awal	Kromosom Setelah Mutasi
C[10]	[7 2 4 6]	[7 2 4 6]
	[4 5 9 3 6]	[4 5 9 3 6]
	[2 1 5 4 6 7]	[2 1 5 4 6 7]
	[1 0 2 7 4]	[1 0 2 7 4]
		[7 4 6]
		[2 1 4 6 7]
C[11]	[6 4 2 7]	[6 4 2 7]
	[5 1 0 2 7 4]	[5 1 0 2 7 4]
	[8 6 4 7 2 0 1 5 9]	[8 6 4 7 2 0 1 5 9]
		[6 2 7]
		[8 6 7 2 0 1 5 9]
C[12]	[2 4 5 1]	[2 4 5 1]
	[1 5 9 3 6 4]	[1 5 9 3 6 4]
	[5 4 1]	[5 4 1]
	[2 1 4 6 7]	[2 1 4 6 7]
C[13]	[9 5 4 6 8]	[9 5 4 6 8]
	[5 1 4 6 3 9]	[5 1 4 6 3 9]
	[4 5 9 8]	[4 5 9 8]
		[5 4 6 3 9]
C[14]	[8 6 3 9]	[8 6 3 9]
	[5 4 2 0 1]	[5 4 2 0 1]
	[2 1 4 6 7]	[2 1 4 6 7]
	[4 1 0 2 7 6]	[4 1 0 2 7 6]
		[2 1 6 7]
		[4 1 0 7 6]
C[15]	[1 4 7 2]	[1 4 7 2]
	[7 6 4]	[7 6 4]
	[0 1 5 4 2]	[0 1 5 4 2]
	[7 6 3 8 4]	[7 6 3 8 4]
		[1 7 2]
C[16]	[3 6 8 9]	[3 6 8 9]
	[2 1 4 6 7]	[2 1 4 6 7]
	[0 2 1]	[0 2 1]
	[2 0 1]	[2 0 1]
		[3 8 9]
		[2 1 6 7]
C[17]	[8 6 4 5 9]	[8 6 4 5 9]
	[0 2 7 4 5 1]	[0 2 7 4 5 1]
	[1 2 4]	[1 2 4]
	[2 4 1]	[2 4 1]
		[8 6 5 9]
		[0 2 7 5 1]
C[18]	[3 8 9]	[3 8 9]

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang menyalin dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

No	Kromosom Awal	Kromosom Setelah Mutasi
C[19]	[2 1 5 4]	[2 1 5 4]
	[7 2 4 0]	[7 2 4 0]
	[2 7 6 4 5 1]	[2 7 6 4 5 1]
	[3 8 6]	[3 8 6]
C[20]	[6 7 4 5 9 8]	[6 7 4 5 9 8]
	[3 8 6 4 5 9]	[3 8 6 4 5 9]
	[4 1 2 7]	[4 1 2 7]
	[9 5 3]	[9 5 3]
C[20]	[1 0 2]	[1 0 2]
	[6 7 4 5 9 8]	[6 7 4 5 9 8]
	[0 2 7 4 1]	[0 2 7 4 1]
	[6 4 5 9 8]	[6 4 5 9 8]

Ring Resizing

Tahap terakhir dari proses mutasi adalah *ring resizing*. Mutasi pada tahap ini dilakukan dengan membangkitkan bilangan acak antara 0-1 pada setiap kromosom, kromosom yang terpilih untuk dilakukan mutasi adalah kromosom yang nilai PM-nya lebih kecil dari pada PRR(0,1). Pada mutasi ini terdapat 2 operator yang dapat digunakan yaitu *augmenting* dan *diminishing* dengan probabilitas 50%. Untuk *resizing* dengan jenis operator *augmenting*, subring yang terpilih pada suatu kromosom untuk dimutasi akan dilakukan penambahan *node* dan jumlah *gen* menjadi lebih panjang, sedangkan untuk jenis operator *diminishing*, subring yang terpilih untuk dimutasi akan dilakukan pengurangan *node* sehingga jumlah *gen* dalam suatu *subring* akan menjadi kecil.

Berikut merupakan kromosom yang akan dilakukan mutasi:

Tabel 4.16 Pemilihan Kromosom Yang Akan di Resizing

No	Kromosom	PRR	PM	Mutasi	Operator	i
C[1]	[3 6 4 5 9]	0,1	0,742	Tidak	-	-
	[2 7 4 5 1]	0,1	0,841	Tidak	-	-
	[0 2 7 6 4 1]	0,1	0,657	Tidak	-	-
	[6 7 4]	0,1	0,271	Tidak	-	-
	[2 4 5 1]	0,1	0,299	Tidak	-	-
C[2]	[9 3 5]	0,1	0,398	Tidak	-	-
	[3 6 8 9]	0,1	0,224	Tidak	-	-
	[1 2 4]	0,1	0,474	Tidak	-	-
	[2 1 4]	0,1	0,178	Tidak	-	-



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang menaqqumkan dan memberbanqak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

No	Kromosom	PRR	PM	Mutasi	Operator	i
C[3]	[5 1 4]	0,1	0,845	Tidak	-	-
	[4 2 7]	0,1	0,418	Tidak	-	-
	[9 3 6 8]	0,1	0,589	Tidak	-	-
	[3 8 9 5 4 6]	0,1	0,500	Tidak	-	-
C[4]	[2 4 7]	0,1	0,146	Tidak	-	-
	[3 6 8 9]	0,1	0,294	Tidak	-	-
	[2 1 5 3 6 4 7]	0,1	0,844	Tidak	-	-
	[2 1 5 6 4 7]	0,1	0,953	Tidak	-	-
C[5]	[9 3 6 8]	0,1	0,700	Tidak	-	-
	[3 6 7 4 5 9]	0,1	0,623	Tidak	-	-
	[4 5 1 2]	0,1	0,960	Tidak	-	-
	[2 1 4]	0,1	0,227	Tidak	-	-
	[3 7 4 5 9]	0,1	0,156	Tidak	-	-
C[6]	[2 7 4 5 1]	0,1	0,093	Ya	Diminishing	4
	[6 4 1 2 7]	0,1	0,380	Tidak	-	-
	[1 5 4 7 2]	0,1	0,046	Ya	Diminishing	2
	[6 4 8 0]	0,1	0,482	Tidak	-	-
C[7]	[1 4 2 0]	0,1	0,120	Tidak	-	-
	[3 8 6 0]	0,1	0,606	Tidak	-	-
	[4 5 9 8]	0,1	0,533	Tidak	-	-
	[5 1 0 2 4]	0,1	0,652	Tidak	-	-
C[8]	[6 7 4]	0,1	0,457	Tidak	-	-
	[9 3 6 8]	0,1	0,801	Tidak	-	-
	[5 4 6 7 2 1]	0,1	0,940	Tidak	-	-
	[9 6 8]	0,1	0,131	Tidak	-	-
C[9]	[5 9 3]	0,1	0,572	Tidak	-	-
	[5 9 8 6 4]	0,1	0,784	Tidak	-	-
	[5 1 0 2 4]	0,1	0,408	Tidak	-	-
	[4 6 8 9 5]	0,1	0,498	Tidak	-	-
C[10]	[7 2 4 6]	0,1	0,952	Tidak	-	-
	[4 5 9 3 6]	0,1	0,798	Tidak	-	-
	[2 1 5 4 6 7]	0,1	0,718	Tidak	-	-
	[1 0 2 7 4]	0,1	0,796	Tidak	-	-
	[7 4 6]	0,1	0,863	Tidak	-	-
	[2 1 4 6 7]	0,1	0,275	Tidak	-	-
C[11]	[6 4 2 7]	0,1	0,163	Tidak	-	-
	[5 1 0 2 7 4]	0,1	0,979	Tidak	-	-
	[8 6 4 7 2 0 1 5 9]	0,1	0,535	Tidak	-	-
	[6 2 7]	0,1	0,365	Tidak	-	-
	[8 6 7 2 0 1 5 9]	0,1	0,187	Tidak	-	-
C[12]	[2 4 5 1]	0,1	0,870	Tidak	-	-
	[1 5 9 3 6 4]	0,1	0,961	Tidak	-	-
	[5 4 1]	0,1	0,376	Tidak	-	-



No	Kromosom	PRR	PM	Mutasi	Operator	i
C[13]	[2 1 4 6 7]	0,1	0,977	Tidak	-	-
	[9 5 4 6 8]	0,1	0,696	Tidak	-	-
	[5 1 4 6 3 9]	0,1	0,429	Tidak	-	-
	[4 5 9 8]	0,1	0,998	Tidak	-	-
	[5 4 6 3 9]	0,1	0,225	Tidak	-	-
C[14]	[8 6 3 9]	0,1	0,472	Tidak	-	-
	[5 4 2 0 1]	0,1	0,355	Tidak	-	-
	[2 1 4 6 7]	0,1	0,577	Tidak	-	-
	[4 1 0 2 7 6]	0,1	0,912	Tidak	-	-
	[2 1 6 7]	0,1	0,347	Tidak	-	-
C[15]	[4 1 0 7 6]	0,1	0,039	Ya	Diminishing	1
	[1 4 7 2]	0,1	0,240	Tidak	-	-
	[7 6 4]	0,1	0,287	Tidak	-	-
	[0 1 5 4 2]	0,1	0,140	Tidak	-	-
	[7 6 3 8 4]	0,1	0,721	Tidak	-	-
C[16]	[1 7 2]	0,1	0,903	Tidak	-	-
	[3 6 8 9]	0,1	0,723	Tidak	-	-
	[2 1 4 6 7]	0,1	0,998	Tidak	-	-
	[0 2 1]	0,1	0,869	Tidak	-	-
	[2 0 1]	0,1	0,550	Tidak	-	-
C[17]	[3 8 9]	0,1	0,128	Tidak	-	-
	[2 1 6 7]	0,1	0,828	Tidak	-	-
	[8 6 4 5 9]	0,1	0,162	Tidak	-	-
	[0 2 7 4 5 1]	0,1	0,732	Tidak	-	-
	[1 2 4]	0,1	0,949	Tidak	-	-
C[18]	[2 4 1]	0,1	0,527	Tidak	-	-
	[8 6 5 9]	0,1	0,327	Tidak	-	-
	[0 2 7 5 1]	0,1	0,234	Tidak	-	-
	[3 8 9]	0,1	0,304	Tidak	-	-
	[2 1 5 4]	0,1	0,994	Tidak	-	-
C[19]	[7 2 4 0]	0,1	0,193	Tidak	-	-
	[2 7 6 4 5 1]	0,1	0,530	Tidak	-	-
	[3 8 6]	0,1	0,352	Tidak	-	-
	[6 7 4 5 9 8]	0,1	0,182	Tidak	-	-
	[3 8 6 4 5 9]	0,1	0,862	Tidak	-	-
C[20]	[4 1 2 7]	0,1	0,155	Tidak	-	-
	[9 5 3]	0,1	0,969	Tidak	-	-
	[1 0 2]	0,1	0,214	Tidak	-	-
	[6 7 4 5 9 8]	0,1	0,271	Tidak	-	-
	[0 2 7 4 1]	0,1	0,768	Tidak	-	-
	[6 4 5 9 8]	0,1	0,683	Tidak	-	-

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mempublikasikan dan memberikan hak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Setelah kromosom yang akan dimutasi ditentukan selanjutnya adalah tahap mutasi menggunakan *ring resizing*. Pada mutasi ini gen yang terpilih pada kromosom yang akan dimutasi dan ukuran dari *subring* akan berubah sesuai dengan operator yang digunakan. Kromosom awal yang digunakan merupakan kromosom hasil mutasi dengan menggunakan *ring splitting*. Berikut merupakan hasil mutasi dari *ring resizing*.

Tabel 4.17 Ring Resizing

No	Kromosom Awal	Kromosom Setelah Mutasi
C[1]	[3 6 4 5 9]	[3 6 4 5 9]
	[2 7 4 5 1]	[2 7 4 5 1]
	[0 2 7 6 4 1]	[0 2 7 6 4 1]
	[6 7 4]	[6 7 4]
	[2 4 5 1]	[2 4 5 1]
C[2]	[9 3 5]	[9 3 5]
	[3 6 8 9]	[3 6 8 9]
	[1 2 4]	[1 2 4]
	[2 1 4]	[2 1 4]
C[3]	[5 1 4]	[5 1 4]
	[4 2 7]	[4 2 7]
	[9 3 6 8]	[9 3 6 8]
	[3 8 9 5 4 6]	[3 8 9 5 4 6]
C[4]	[2 4 7]	[2 4 7]
	[3 6 8 9]	[3 6 8 9]
	[2 1 5 3 6 4 7]	[2 1 5 3 6 4 7]
	[2 1 5 6 4 7]	[2 1 5 6 4 7]
C[5]	[9 3 6 8]	[9 3 6 8]
	[3 6 7 4 5 9]	[3 6 7 4 5 9]
	[4 5 1 2]	[4 5 1 2]
	[2 1 4]	[2 1 4]
	[3 7 4 5 9]	[3 7 4 5 9]
C[6]	[2 7 4 5 1]	[2 7 5 1]
	[6 4 1 2 7]	[6 4 1 2 7]
	[1 5 4 7 2]	[1 5 7 2]
	[6 4 8]	[6 4 8]
C[7]	[1 4 2]	[1 4 2]
	[3 8 6]	[3 8 6]
	[4 5 9 8]	[4 5 9 8]
	[5 1 0 2 4]	[5 1 0 2 4]
C[8]	[6 7 4]	[6 7 4]
	[9 3 6 8]	[9 3 6 8]



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang menaqqumkan dan memberbanvak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

No	Kromosom Awal	Kromosom Setelah Mutasi
C[9]	[5 4 6 7 2 1]	[5 4 6 7 2 1]
	[9 6 8]	[9 6 8]
	[5 9 3]	[5 9 3]
	[5 9 8 6 4]	[5 9 8 6 4]
	[5 1 0 2 4]	[5 1 0 2 4]
C[10]	[4 6 8 9 5]	[4 6 8 9 5]
	[7 2 4 6]	[7 2 4 6]
	[4 5 9 3 6]	[4 5 9 3 6]
	[2 1 5 4 6 7]	[2 1 5 4 6 7]
	[1 0 2 7 4]	[1 0 2 7 4]
C[11]	[7 4 6]	[7 4 6]
	[2 1 4 6 7]	[2 1 4 6 7]
	[6 4 2 7]	[6 4 2 7]
	[5 1 0 2 7 4]	[5 1 0 2 7 4]
	[8 6 4 7 2 0 1 5 9]	[8 6 4 7 2 0 1 5 9]
C[12]	[6 2 7]	[6 2 7]
	[8 6 7 2 0 1 5 9]	[8 6 7 2 0 1 5 9]
	[2 4 5 1]	[2 4 5 1]
	[1 5 9 3 6 4]	[1 5 9 3 6 4]
	[5 4 1]	[5 4 1]
C[13]	[2 1 4 6 7]	[2 1 4 6 7]
	[9 5 4 6 8]	[9 5 4 6 8]
	[5 1 4 6 3 9]	[5 1 4 6 3 9]
	[4 5 9 8]	[4 5 9 8]
	[5 4 6 3 9]	[5 4 6 3 9]
C[14]	[8 6 3 9]	[8 6 3 9]
	[5 4 2 0 1]	[5 4 2 0 1]
	[2 1 4 6 7]	[2 1 4 6 7]
	[4 1 0 2 7 6]	[4 1 0 2 7 6]
	[2 1 6 7]	[2 1 6 7]
C[15]	[4 1 0 7 6]	[4 0 7 6]
	[1 4 7 2]	[1 4 7 2]
	[7 6 4]	[7 6 4]
	[0 1 5 4 2]	[0 1 5 4 2]
	[7 6 3 8 4]	[7 6 3 8 4]
C[16]	[1 7 2]	[1 7 2]
	[3 6 8 9]	[3 6 8 9]
	[2 1 4 6 7]	[2 1 4 6 7]
	[0 2 1]	[0 2 1]
	[2 0 1]	[2 0 1]
C[17]	[3 8 9]	[3 8 9]
	[2 1 6 7]	[2 1 6 7]
	[8 6 4 5 9]	[8 6 4 5 9]

No	Kromosom Awal	Kromosom Setelah Mutasi
	[0 2 7 4 5 1]	[0 2 7 4 5 1]
	[1 2 4]	[1 2 4]
	[2 4 1]	[2 4 1]
	[8 6 5 9]	[8 6 5 9]
	[0 2 7 5 1]	[0 2 7 5 1]
C _[18]	[3 8 9]	[3 8 9]
	[2 1 5 4]	[2 1 5 4]
	[7 2 4 0]	[7 2 4 0]
	[2 7 6 4 5 1]	[2 7 6 4 5 1]
C _[19]	[3 8 6]	[3 8 6]
	[6 7 4 5 9 8]	[6 7 4 5 9 8]
	[3 8 6 4 5 9]	[3 8 6 4 5 9]
	[4 1 2 7]	[4 1 2 7]
C _[20]	[9 5 3]	[9 5 3]
	[1 0 2]	[1 0 2]
	[6 7 4 5 9 8]	[6 7 4 5 9 8]
	[0 2 7 4 1]	[0 2 7 4 1]
	[6 4 5 9 8]	[6 4 5 9 8]

Setelah proses mutasi selesai langkah selanjutnya adalah melakukan menghitung nilai *fitness* dari masing-masing kromosom kembali dengan menggunakan persamaan 2.1. Jika terdapat kromosom yang tidak terhubung akibat proses mutasi dapat dilakukan perbaikan dengan menggunakan algoritma *repair*, berikut merupakan perhitungan nilai *fitness* setelah dilakukan proses mutasi:

$$\begin{aligned}
 f_1 &= [3 \ 6 \ 4 \ 5 \ 9] + [2 \ 7 \ 4 \ 5 \ 1] + [0 \ 2 \ 7 \ 6 \ 4 \ 1] + [6 \ 7 \ 4] + \\
 &\quad [2 \ 4 \ 5 \ 1] \\
 &= [1,250 + 1,372 + 1,223 + 0,848 + 0,256] + [1,059 + \\
 &\quad 1,233 + 1,223 + 0,832 + 1,205] + [1,419 + 1,233 \\
 &\quad + 1,420] + [1,397 + 1,223 + 0,832 + 1,205] \\
 &= [4,949] + [5,552] + [4,072] + [4,657] \\
 &= 19,230
 \end{aligned} \tag{2.1}$$

Nilai *fitness* seluruh populasi setelah dilakukan proses mutasi dapat dilihat pada Tabel 4.18 berikut.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mempublikasikan dan memberikan hak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Tabel 4.18 Kalkulasi Nilai *Fitness* Setelah Mutasi

No	Kromosom	<i>Fitness</i> (milliseconds) $f_i = \sum_{r=1}^n r$
C[1]	[3 6 4 5 9]	19,230
	[2 7 4 5 1]	
	[0 2 7 6 4 1]	
	[6 7 4]	
	[2 4 5 1]	
C[2]	[9 3 5]	15,005
	[3 6 8 9]	
	[1 2 4]	
	[2 1 4]	
C[3]	[5 1 4]	18,966
	[4 2 7]	
	[9 3 6 8]	
	[3 8 9 5 4 6]	
C[4]	[2 4 7]	1023,362
	[3 6 8 9]	
	[2 1 5 3 6 4 7]	
	[2 1 5 6 4 7]	
C[5]	[9 3 6 8]	1025,533
	[3 6 7 4 5 9]	
	[4 5 1 2]	
	[2 1 4]	
	[3 7 4 5 9]	
C[6]	[2 7 5 1]	2015,512
	[6 4 1 2 7]	
	[1 5 7 2]	
	[6 4 8]	
C[7]	[1 4 2]	20,152
	[3 8 6]	
	[4 5 9 8]	
	[5 1 0 2 4]	
C[8]	[6 7 4]	1020,380
	[9 3 6 8]	
	[5 4 6 7 2 1]	
	[9 6 8]	
C[9]	[5 9 3]	19,181
	[5 9 8 6 4]	
	[5 1 0 2 4]	
	[4 6 8 9 5]	

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang meminumkan dan memberbanak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

No	Kromosom	<i>Fitness (milliseconds)</i> $f_i = \sum_{1}^n r$
C[10]	[7 2 4 6]	36,294
	[4 5 9 3 6]	
	[2 1 5 4 6 7]	
	[1 0 2 7 4]	
	[7 4 6]	
	[2 1 4 6 7]	
C[11]	[6 4 2 7]	1045,123
	[5 1 0 2 7 4]	
	[8 6 4 7 2 0 1 5 9]	
	[6 2 7]	
	[8 6 7 2 0 1 5 9]	
C[12]	[2 4 5 1]	21,854
	[1 5 9 3 6 4]	
	[5 4 1]	
	[2 1 4 6 7]	
C[13]	[9 5 4 6 8]	24,390
	[5 1 4 6 3 9]	
	[4 5 9 8]	
	[5 4 6 3 9]	
C[14]	[8 6 3 9]	3034,019
	[5 4 2 0 1]	
	[2 1 4 6 7]	
	[4 1 0 2 7 6]	
	[2 1 6 7]	
	[4 0 7 6]	
C[15]	[1 4 7 2]	1021,797
	[7 6 4]	
	[0 1 5 4 2]	
	[7 6 3 8 4]	
	[1 7 2]	
C[16]	[3 6 8 9]	1028,012
	[2 1 4 6 7]	
	[0 2 1]	
	[2 0 1]	
	[3 8 9]	
	[2 1 6 7]	
C[17]	[8 6 4 5 9]	1027,890
	[0 2 7 4 5 1]	
	[1 2 4]	
	[2 4 1]	

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mempublikasikan dan memberikan hak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

No	Kromosom	<i>Fitness (milliseconds)</i> $f_i = \sum_{r=1}^n r$
C ^[18]	[8 6 5 9]	1016,252
	[0 2 7 5 1]	
	[3 8 9]	
	[2 1 5 4]	
	[7 2 4 0]	
C ^[19]	[2 7 6 4 5 1]	18,866
	[3 8 6]	
	[6 7 4 5 9 8]	
	[3 8 6 4 5 9]	
	[4 1 2 7]	
C ^[20]	[9 5 3]	27,743
	[1 0 2]	
	[6 7 4 5 9 8]	
	[0 2 7 4 1]	
	[6 4 5 9 8]	

Setelah nilai *fitness* dihitung, terdapat kromosom yang terputus koneksi nya, yaitu C[4], C[5], C[6] C[8], C[11], C[14], C[15], C[16], C[17], C[18]. Kromosom yang koneksinya terputus akan dilakukan perbaikan dengan menggunakan proses *repair*. Setelah dilakukan proses *repair* selanjutnya akan dihitung Kembali nilai *fitness* dari masing-masing kromosom untuk memastikan seluruh kromosom pada populasi sudah terhubung. Proses penghitungan populasi dapat menggunakan persamaan 2.1 seperti berikut.

$$\begin{aligned}
 f_l &= [3\ 6\ 4\ 5\ 9] + [2\ 7\ 4\ 5\ 1] + [0\ 2\ 7\ 6\ 4\ 1] + [6\ 7\ 4] + \\
 &\quad [2\ 4\ 5\ 1] \\
 &= [1,250 + 1,372 + 1,223 + 0,848 + 0,256] + [1,059 + \\
 &\quad 1,233 + 1,223 + 0,832 + 1,205] + [1,419 + 1,233 \\
 &\quad + 1,420] + [1,397 + 1,223 + 0,832 + 1,205] \\
 &= [4,949] + [5,552] + [4,072] + [4,657] \\
 &= 19,230
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

Hasil populasi yang telah di *repair* dapat dilihat pada tabel 4.19 berikut:

Tabel 4.19 Perbaikan Kromosom Setelah Mutasi

No	Kromosom	Kromosom Setelah <i>Repair</i>	<i>Fitness (millisecond)</i> $f_i = \sum_{r=1}^n r$
C[1]	[3 6 4 5 9]	[3 6 4 5 9]	19,230
	[2 7 4 5 1]	[2 7 4 5 1]	
	[0 2 7 6 4 1]	[0 2 7 6 4 1]	
	[6 7 4]	[6 7 4]	
	[2 4 5 1]	[2 4 5 1]	
C[2]	[9 3 5]	[9 3 5]	15,005
	[3 6 8 9]	[3 6 8 9]	
	[1 2 4]	[1 2 4]	
	[2 1 4]	[2 1 4]	
C[3]	[5 1 4]	[5 1 4]	18,966
	[4 2 7]	[4 2 7]	
	[9 3 6 8]	[9 3 6 8]	
	[3 8 9 5 4 6]	[3 8 9 5 4 6]	
C[4]	[2 4 7]	[7 4 5 3 6]	26,764
	[3 6 8 9]	[9 3 6 8]	
	[2 1 5 3 6 4 7]	[4 5 9 8]	
	[2 1 5 6 4 7]	[2 0 1 4]	
C[5]	[9 3 6 8]	[6 7 4]	20,298
	[3 6 7 4 5 9]	[0 2 7 4 1]	
	[4 5 1 2]	[5 4 6 8 3]	
	[2 1 4]	[8 3 5 9]	
	[3 7 4 5 9]		
C[6]	[2 7 5 1]	[4 6 8 9 3 5]	24,465
	[6 4 1 2 7]	[2 0 1 5 4 7]	
	[1 5 7 2]	[5 1 2 4]	
	[6 4 8]	[3 5 9]	
C[7]	[1 4 2]	[1 4 2]	20,152
	[3 8 6]	[3 8 6]	
	[4 5 9 8]	[4 5 9 8]	
	[5 1 0 2 4]	[5 1 0 2 4]	
C[8]	[6 7 4]	[1 2 4 6 3 5]	20,654
	[9 3 6 8]	[4 7 6]	
	[5 4 6 7 2 1]	[0 2 4 5 1]	
	[9 6 8]	[3 6 8 9]	
C[9]	[5 9 3]	[5 9 3]	19,181
	[5 9 8 6 4]	[5 9 8 6 4]	

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mempublikasikan dan memberikan hak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

No	Kromosom	Kromosom Setelah Repair	<i>Fitness (millisecond)</i> $f_i = \sum_{r=1}^n r$
C[10]	[5 1 0 2 4]	[5 1 0 2 4]	36,294
	[4 6 8 9 5]	[4 6 8 9 5]	
	[7 2 4 6]	[7 2 4 6]	
	[4 5 9 3 6]	[4 5 9 3 6]	
	[2 1 5 4 6 7]	[2 1 5 4 6 7]	
	[1 0 2 7 4]	[1 0 2 7 4]	
C[11]	[7 4 6]	[7 4 6]	18,932
	[2 1 4 6 7]	[2 1 4 6 7]	
	[6 4 2 7]	[1 0 2 4]	
	[5 1 0 2 7 4]	[7 4 5 3 6]	
	[8 6 4 7 2 0 1 5 9]	[3 5 4 6]	
C[12]	[6 2 7]	[5 3 8 9]	21,854
	[8 6 7 2 0 1 5 9]		
	[2 4 5 1]	[2 4 5 1]	
	[1 5 9 3 6 4]	[1 5 9 3 6 4]	
	[5 4 1]	[5 4 1]	
C[13]	[2 1 4 6 7]	[2 1 4 6 7]	24,390
	[9 5 4 6 8]	[9 5 4 6 8]	
	[5 1 4 6 3 9]	[5 1 4 6 3 9]	
	[4 5 9 8]	[4 5 9 8]	
C[14]	[5 4 6 3 9]	[5 4 6 3 9]	28,965
	[8 6 3 9]	[7 2 0 1 4]	
	[5 4 2 0 1]	[1 4 5 8 3 5]	
	[2 1 4 6 7]	[9 5 3 6 8]	
	[4 1 0 2 7 6]	[7 6 4]	
	[2 1 6 7]		
C[15]	[4 0 7 6]		21,794
	[1 4 7 2]	[1 0 2 4 5]	
	[7 6 4]	[4 6 7]	
	[0 1 5 4 2]	[9 5 3 6 8]	
	[7 6 3 8 4]	[5 4 6 3 9]	
C[16]	[1 7 2]		27,612
	[3 6 8 9]	[2 1 4 7]	
	[2 1 4 6 7]	[0 2 4 5 1]	
	[0 2 1]	[7 6 3 5 4]	
	[2 0 1]	[5 3 8 9]	
	[3 8 9]		
C[17]	[2 1 6 7]		25,637
	[8 6 4 5 9]	[8 6 4 5 9 3]	
	[0 2 7 4 5 1]	[5 4 2 0 1]	

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mempublikasikan dan memberikan hak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

No	Kromosom	Kromosom Setelah Repair	<i>Fitness (millisecond)</i> $f_i = \sum_{r=1}^n r$
	[1 2 4]	[6 7 4 5 9 3]	
	[2 4 1]	[5 3 8 9]	
	[8 6 5 9]		
	[0 2 7 5 1]		
C[18]	[3 8 9]	[1 4 5]	22,729
	[2 1 5 4]	[1 0 2 7 6 4]	
	[7 2 4 0]	[7 4 5 3 6]	
	[2 7 6 4 5 1]	[3 6 8 9]	
C[19]	[3 8 6]	[3 8 6]	18,866
	[6 7 4 5 9 8]	[6 7 4 5 9 8]	
	[3 8 6 4 5 9]	[3 8 6 4 5 9]	
	[4 1 2 7]	[4 1 2 7]	
C[20]	[9 5 3]	[9 5 3]	27,743
	[1 0 2]	[1 0 2]	
	[6 7 4 5 9 8]	[6 7 4 5 9 8]	
	[0 2 7 4 1]	[0 2 7 4 1]	
	[6 4 5 9 8]	[6 4 5 9 8]	

8. Regenerasi

Setelah populasi di perbaiki dan tidak adalagi kromosom yang terputus, langkah selanjutnya adalah regenerasi, yaitu menggantikan populasi awal dengan populasi baru setelah dilakukan proses reproduksi. Kromosom awal yang memiliki nilai *fitness* baik akan dipertahankan dan yang bernilai *fitness* buruk akan digantikan dengan kromosom baru yang memiliki nilai *fitness* lebih baik.

UIN SUSKA RIAU



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang meminumkan dan memberikan hak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Hasil dari regenerasi populasi dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.20 Regenerasi

No	Populasi Awal	Generasi 1	Nilai <i>Fitness</i> (milliseconds)
G[1]	[3 6 4 5 9] [2 7 4 5 1] [1 2 4] [2 4 1]	[9 3 5] [3 6 8 9] [1 2 4] [2 1 4]	15,005
G[2]	[3 8 9] [2 1 5 4] [7 2 4] [2 7 6 4 5 1]	[3 6 4 5 9] [2 7 4 5 1] [1 2 4] [2 4 1]	16,325
G[3]	[9 3 5] [3 6 8 9] [0 2 7 6 4 1] [6 7 4]	[3 8 9] [2 1 5 4] [7 2 4] [2 7 6 4 5 1]	17,02
G[4]	[5 1 4] [4 2 7] [3 6 8 9] [5 3 6 4]	[9 3 5] [3 6 8 9] [0 2 7 6 4 1] [6 7 4]	17,78
G[5]	[3 8 6] [6 7 4 5 9 8] [3 8 6 4 5 9] [4 1 2 7]	[5 1 4] [4 2 7] [3 6 8 9] [5 3 6 4]	18,348
G[6]	[2 4 7] [2 1 5 4 7] [9 3 6 8] [3 8 9 5 4 6]	[3 8 6] [6 7 4 5 9 8] [3 8 6 4 5 9] [4 1 2 7]	18,502
G[7]	[9 3 6 8] [3 6 7 4 5 9] [1 5 4 7 2] [6 4 8]	[3 8 6] [6 7 4 5 9 8] [3 8 6 4 5 9] [4 1 2 7]	18,866
G[8]	[2 7 4 5 1] [6 4 1 2 7] [4 5 1 2] [2 1 4]	[1 0 2 4] [7 4 5 3 6] [3 5 4 6] [5 3 8 9]	18,932
G[9]	[1 4 2] [3 8 9] [5 4 6 7 2 1] [9 3 6 8]	[5 1 4] [4 2 7] [9 3 6 8] [3 8 9 5 4 6]	18,966
G[10]	[9 5 3] [1 0 2] [6 7 4 5 9 8] [0 2 7 4 1]	[5 9 3] [5 9 8 6 4] [5 1 0 2 4] [4 6 8 9 5]	19,181
G[11]	[7 2 1 4]	[2 4 7]	19,319



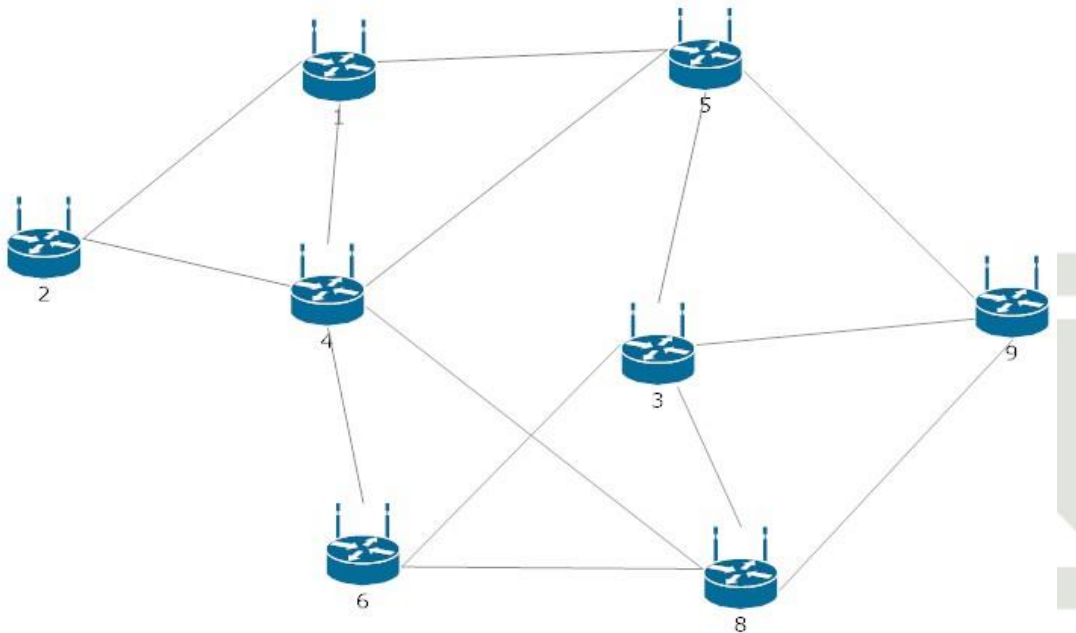
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang menaqqumkan dan memberikanq sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

No	Populasi Awal	Generasi 1	Nilai <i>Fitness</i> (milliseconds)
	[6 7 4] [4 5 9 8] [5 1 0 2 4]	[2 1 5 4 7] [9 3 6 8] [3 8 9 5 4 6]	
G[12]	[5 9 3] [5 9 8 6 4] [2 1 5 4 6 7] [1 0 2 7 4]	[9 3 6 8] [3 6 7 4 5 9] [1 5 4 7 2] [6 4 8]	20,136
G[13]	[7 2 4 6] [4 5 9 3 6] [5 1 0 2 4] [4 6 8 9 5]	[1 4 2] [3 8 6] [4 5 9 8] [5 1 0 2 4]	20,152
G[14]	[8 6 4 5 9] [0 2 7 4 1] [5 4 1] [2 1 4 6 7]	[2 7 4 5 1] [6 4 1 2 7] [4 5 1 2] [2 1 4]	20,25
G[15]	[2 4 5 1] [1 5 9 3 6 4] [6 4 2 7] [5 1 0 2 7 4]	[6 7 4] [0 2 7 4 1] [5 4 6 8 3] [8 3 5 9]	20,298
G[16]	[4 5 9 8] [9 5 4 6 8] [2 1 4 6 7] [4 1 0 2 7 6]	[1 4 2] [3 8 9] [5 4 6 7 2 1] [9 3 6 8]	20,456
G[17]	[8 6 3 9] [5 4 2 0 1] [4 8 9 5] [5 1 4 6 3 9]	[1 2 4 6 3 5] [4 7 6] [0 2 4 5 1] [3 6 8 9]	20,654
G[18]	[1 4 7 2 0] [7 6 4] [0 2 1] [2 0 1]	[9 5 3] [1 0 2] [6 7 4 5 9 8] [0 2 7 4 1]	21,429
G[19]	[3 6 8 9] [2 1 4 6 7] [0 1 5 4 2] [7 6 3 8 4]	[1 0 2 4 5] [4 6 7] [9 5 3 6 8] [5 4 6 3 9]	21,794
G[20]	[8 6 4 5 9] [0 2 7 4 5 1] [1 2 7 6 4 5] [4 6 7 2 1]	[7 2 1 4] [6 7 4] [4 5 9 8] [5 1 0 2 4]	21,822

Setelah dilakukan proses regenerasi maka didapatkan populasi terbaik yang nantinya akan digunakan untuk perancangan desain topologi yang baru berdasarkan

subring pada kromosom tersebut. Nilai *subring* pada kromosom terbaik tersebut adalah [9 3 5], [3 6 8 9], [1 2 4], [2 1 4]. Berikut merupakan desain topologi hasil optimasi yang akan dibangun.



Gambar 4.2. Desain Topologi Setelah Optimasi Perhitungan Manual

Pembuatan desain topologi seperti Gambar 4.2 diatas dibangun berdasarkan nilai *subring* yang diperoleh dari kromosom terbaik berdasarkan perhitungan manual menggunakan algoritma genetika yang telah dilakukan sebelumnya. Penentuan posisi *node* jaringan didasarkan pada *routing table* yang terdapat di masing-masing *subring* dan *coverage area* dari node tersebut sehingga terhubung dengan *node* yang sesuai dengan kromosom terbaik hasil optimasi.

UIN SUSKA RIAU

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan manual, implementasi dan pengujian yang telah dilakukan maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Penerapan algoritma genetika dapat digunakan untuk melakukan optimasi topologi jaringan *wireless* dengan menggunakan desain topologi *multi ring*
2. Nilai delay maksimal yang didapatkan pada perancangan topologi awal sebesar 12,100 milliseconds dan jumlah paket yang dikirim selama komunikasi sebanyak 4400 paket hingga komunikasi berakhir
3. Setelah dilakukan proses optimasi menggunakan algoritma genetika dan desain topologi multi ring. Nilai delay maksimal yang didapatkan sebesar 2,746 milliseconds dan jumlah paket yang dikirimkan selama komunikasi adalah sebanyak 860 paket hingga komunikasi selesai.
4. Trafik pertukaran data yang terjadi sebelum dan sesudah dilakukan optimasi juga terjadi penurunan data trafik yang cukup signifikan dibandingkan sebelumnya dimana *delay* menurun sebesar 77,50% dan jumlah paket yang ditransfer selama proses komunikasi menurun sebesar 80,50% .

2. Saran

Berdasarkan hasil yang diperoleh, adapun beberapa saran yang dapat diberikan untuk penelitian kedepan adalah:

1. Menggunakan parameter lain seperti *throughput*, *reliable network* atau parameter lain pada jaringan.
2. Dapat diterapkan pada konsep jaringan yang nyata sehingga dapat memperhitungkan nilai interferensi sinyal pada jaringan
3. Menggunakan algoritma optimasi yang berbeda untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Berlianty, Intan, and Miftahol Arifin. 2010. *Teknik-Teknik Optimasi Heuristik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Girgis, Moheb R. et al. 2014. "Solving the Wireless Mesh Network Design Problem Using Genetic Algorithm and Simulated Annealing Optimization Methods." 96(11): 1–10.
- Haddad, Ibrahim F. 2002. "Network Simulator 2: A Simulation Tool for Linux." <https://www.linuxjournal.com/article/5929> (December 30, 2018).
- Lestandy, Merinda, Sholeh Hadi Pramono, and Muhammad Aswin. 2017. "Optimasi Routing Pada Metropolitan Mesh Network Menggunakan Adaptive Mutation Genetic Algorithm." 6(4): 430–35.
- Lubis, Mila. 2017. "Tren Baru Di Kalangan Pengguna Internet Di Indonesia." 26 Juli 2017. <http://www.nielsen.com/id/en/press-room/2017/Tren-Baru-di-Kalangan-Pengguna-Internet-di-Indonesia.html> (August 2, 2018).
- Lukas, Samuel, Toni Anwar, and Willi Yuliani. 2005. "Penerapan Algoritma Genetika Untuk Traveling Salesman Problem Dengan Menggunakan Metode Order Crossover Dan Insertion Mutation." *Seminar Nasional Aplikasi Teknologi dan Informasi*.
- Mohammed, Anjum A. 2012. "Optimal Routing In Ad-Hoc Network Using Genetic Algorithm." 1328: 1323–28.
- Mohapatra, S, and P Kanungo. 2012. "Procedia Engineering Performance Analysis of AODV , DSR , OLSR and DSDV Routing Protocols Using NS2 Simulator." 30(2011): 69–76. <http://dx.doi.org/10.1016/j.proeng.2012.01.835>.
- Muftikhali, Qilbaaini Effendi et al. 2018. "Optimasi Algoritma Genetika Dalam Menentukan Rute Optimal Topologi Cincin Pada Wide Area Network." 13(1): 1–6.
- Mulyanta, Edi S. 2005. *Pengenalan Protocol Jaringan Wireless Komputer*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Munadi, Rendy, and Ratna Mayasari. 2018. "Analisis Pengaruh Dynamic Source Routing Dan Temporally Ordered Routing Algorithm Terhadap Tabrakan

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Data Pada Vanet.” (4): 138–44.

Nikam, Samiksha. 2016. “Delay Analysis of DSDV Protocol Using NS 2 . 34.” 134(2): 13–16.

Okandri, Diki, Sholeh Hadi Pramono, and Erni Yudaningsy. 2016. “Optimasi Jaringan Serat Optik Menggunakan Metode Algoritma Genetika (Studi Kasus Unisma).” 3(1).

Pries, Rastin, Barbara Staehle, Dirk Staehle, and Viktor Wendel. 2010. “Genetic Algorithms for Wireless Mesh Network Planning.” *Proceedings of MSWIM 2010* (October): 226–34.

Pries, Rastin, Dirk Staehle, Barbara Staehle, and Phuoc Tran-gia. 2010. “On Optimization of Wireless Mesh Networks Using Genetic Algorithms.” *International Journal on Advance in Internet Technology* 3(1): 13–28.

Priyambodo, Tri Kuntoro, and Dodi Heriadi. 2005a. *Jaringan Wi-Fi, Teori Dan Implementasi*. Yogyakarta: Andi Offset.

———. 2005b. *Jaringan Wi-Fi*. Yogyakarta: Andi Offset.

Ridwansyah. 2017. “Penggunaan Algoritma Genetika Untuk Desain Topologi Mesh Pada Jaringan Fisik Telekomunikasi.” *Jurnal Matematika Statistika dan Komputasi* 14(1): 87–92.

Sarkar, Subir Kumar, T. G. Basavaraju, and C. Puttamadappa. 2007. *Ad Hoc Mobile Wireless Networks: Principles, Protocols and Applications*. Boston: Auerbach Publications.

Sharma, Kamal Kant, and Inderpreet Kaur. 2015. “Implementation of Genetic Algorithm for Optimization of Network Route.” *Proceedings of the Second International Conference on Computer and Communication Technologies* 3: 7–15.

Sofana, Iwan. 2013. *Membangun Jaringan Komputer*. Bandung: Informatika.

Sutanto, Imam. 2016. “Optimalisasi Jaringan Komputer Dengan Metode Hierarchical Token Bucket Per Connection Queue (Pcq) Queue Tree Untuk Mendukung Kegiatan Perkuliahan Pjj Di Sekolah Tinggi Ilmu Kepolisian Ptik.” Institut Pertanian Bogor.

Suyanto. 2005. *Algoritma Genetika Dalam MATLAB*. Yogyakarta: Andi Offset.



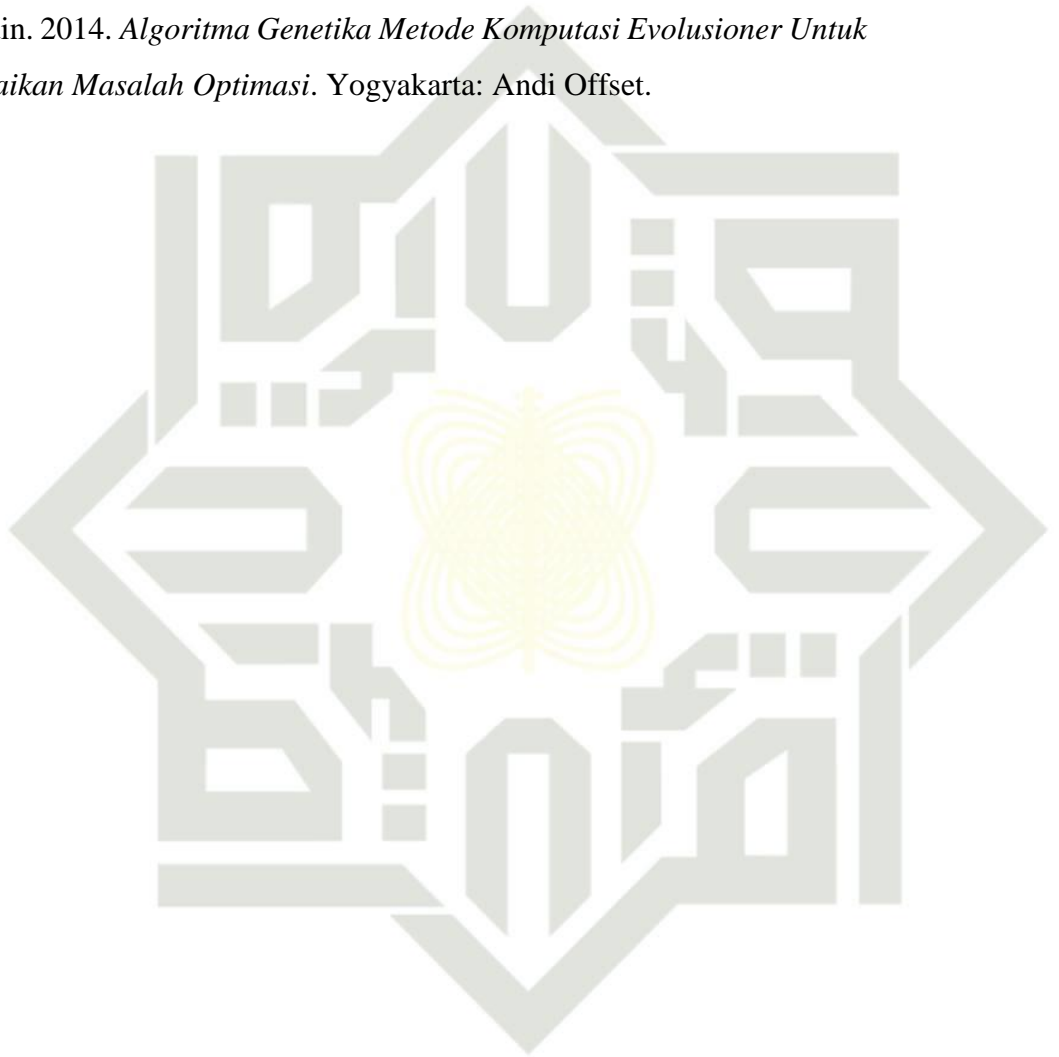
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Won, Jin-myung, Alice Malisia, and Fakhreddine Karray. 2010. "Reliable Network Design Using Hybrid Genetic Algorithm Based on Multi-Ring Encoding." : 609–35.

Yu, Chih-Min, and Ting-Wei Hsu. 2017. "Determining the Optimal Configuration of the Multi-Ring Tree for Bluetooth Multi-Hop Networks Chih-Min."

Zakhri, Zainudin. 2014. *Algoritma Genetika Metode Komputasi Evolusioner Untuk Menyelesaikan Masalah Optimasi*. Yogyakarta: Andi Offset.



UIN SUSKA RIAU